

## · 论著 ·

# 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

周长江<sup>1</sup> 吴桂花<sup>1</sup> 赵浩<sup>1</sup> 张凤梅<sup>2</sup> 巩新玲<sup>1</sup> 刘鹏<sup>2</sup>

<sup>1</sup>山东第一医科大学附属济南人民医院超声科 271100; <sup>2</sup>山东第一医科大学附属济南人民医院内分泌科 271100

通信作者:刘鹏,邮箱:Sdlpjnrm@126.com

**【摘要】 目的** 比较超声造影与高频超声评估 2 型糖尿病(T2DM)患者腓肠肌病变的效果。**方法** 选取 2017 年 6 月至 2019 年 9 月山东第一医科大学附属济南人民医院内分泌科收治的 T2DM 患者 108 例作为研究组,其中 47 例合并腓肠肌病变,61 例为单纯 T2DM 患者,同期选取 50 名健康体检者为对照组。对所有 T2DM 患者均进行患肢高频超声和超声造影检查,采集其小腿腓肠肌肌肉声像图,先观察二维腓肠肌肌束宽度、内部回声,后观察造影剂灌注情况,利用软件获取病变区域达峰时间(PT)及峰值强度(PS);测定空腹血糖(FBG)、糖化血红蛋白 A1c(HbA1c)、总胆固醇(TC)、C-反应蛋白(CRP)、胰岛素水平;利用四格表评价超声造影和超声造影对 T2DM 腓肠肌病变的诊断价值。**结果** T2DM 合并腓肠肌病变组、单纯 T2DM 组患者血清 FBG、HbA1c、TC、CRP、胰岛素水平均明显高于对照组( $P < 0.05$ );T2DM 合并腓肠肌病变组患者腓肠肌肌束宽度显著低于单纯 T2DM 组( $P < 0.05$ );腓肠肌回声不均匀减低显著多于对照组( $P < 0.05$ ),造影后低灌注区域 PS 显著低于周围区域( $P < 0.05$ ),PT 与周围区域差异无统计学意义( $P > 0.05$ );四表格结果显示,超声造影诊断腓肠肌病变及严重程度的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确率均高于高频超声( $P$  均  $< 0.05$ )。**结论** 超声造影诊断 T2DM 患者腓肠肌病变的准确率明显高于二维高频超声,经造影后可定量反映骨骼肌的灌注情况,有望成为检测 T2DM 患者腓肠肌病变的更有效方法。

**【关键词】** 超声造影;高频超声;2 型糖尿病;腓肠肌肌病

**基金项目:**山东省医药卫生科技发展计划项目(2018WS292)

DOI:10.3760/cma.j.cn121383-20201221-12059

**Comparison of contrast-enhanced ultrasound and high-frequency ultrasound in the evaluation of gastrocnemius myopathy in patients with type 2 diabetes mellitus** Zhou Changjiang<sup>1</sup>, Wu Guihua<sup>1</sup>, Zhao Hao<sup>1</sup>, Zhang Fengmei<sup>2</sup>, Gong Xinling<sup>1</sup>, Liu Peng<sup>2</sup>. <sup>1</sup>Department of Ultrasound, Jinan People's Hospital Affiliated to Shandong First Medical University, Jinan 271100, China; <sup>2</sup>Department of Endocrinology, Jinan People's Hospital Affiliated to Shandong First Medical University, Jinan 271100, China

Corresponding author: Liu Peng, Email: Sdlpjnrm@126.com

**【Abstract】 Objective** To detect and compare the effects of contrast-enhanced ultrasound and high-frequency ultrasound in the evaluation of gastrocnemius myopathy in patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM). **Methods** From June 2017 to September 2019, 108 patients with T2DM admitted to the Department of Endocrinology, Jinan People's Hospital Affiliated to Shandong First Medical University were selected as the study group (47 cases were complicated with gastrocnemius myopathy, 61 cases were pure T2DM patients), and 50 healthy subjects were selected as the control group during the same period. All patients with T2DM underwent high-frequency ultrasound and contrast-enhanced ultrasound examination of the affected limb, and their calf gastrocnemius muscle sonogram were collected. The 2-D band width and internal echo of the gastrocnemius were first observed, and then the contrast agent perfusion was observed. Software was used to obtain the peak time (PT) and peak strength (PS) of the lesion area; the fasting blood glucose (FBG), glycosylated hemoglobin A1c (HbA1c), total cholesterol (TC), C-reactive protein (CRP) and insulin level were measured; and the diagnostic values of contrast-enhanced ultrasound and high-frequency ultrasound in

T2DM gastrocnemius were evaluated by fourfold table. **Results** The serum levels of FBG, HbA1c, TC, CRP and insulin in T2DM combined with gastrocnemius disease group and the pure T2DM group were significantly higher than those in the control group (all  $P < 0.05$ ). The width of the gastrocnemius muscle bundle in the T2DM combined with gastrocnemius disease group was significantly lower than that in the pure T2DM group ( $P < 0.05$ ). The unevenness of the gastrocnemius echo was reduced more than the control group ( $P < 0.05$ ). The peak intensity of the hypoperfusion area was significantly lower than the surrounding area after the contrast ( $P < 0.05$ ). There was no statistically difference between the peak time and the surrounding area ( $P > 0.05$ ). The results of the four-fold tables showed that the sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value, and accuracy of contrast-enhanced ultrasound in diagnosing gastrocnemius disease and its severity were higher than those of high-frequency ultrasound (all  $P < 0.05$ ).

**Conclusion** The accuracy of contrast-enhanced ultrasound in the diagnosis of gastrocnemius lesions in T2DM patients is significantly higher than that of two-dimensional high-frequency ultrasound. After contrast, it can quantitatively reflect the perfusion of skeletal muscle, which is expected to become a more effective method for the detection of gastrocnemius lesions in T2DM patients.

**【Keywords】** Contrast-enhanced ultrasound; High-frequency ultrasound; Type 2 diabetes mellitus; Gastrocnemius myopathy

**Fund program:** Shandong Medical and Health Science and Technology Development Plan Project (2018WS292)

DOI:10.3760/cma.j.cn121383-20201221-12059

2 型糖尿病 (T2DM) 是一种常见慢性疾病,多发生于中老年人,近年来其发病率逐年上升,且更趋于年轻化。研究显示,T2DM 患者腓肠肌病变的患病率约 50%,影响正常运功<sup>[1]</sup>。研究发现,T2DM 患者机体长期存在代谢紊乱、微血管炎性反应等状态,受神经、血管等病变影响,常伴随下肢骨骼变形、肌肉萎缩,从而引发运动障碍<sup>[2-3]</sup>。高频超声技术以其自身特点和优势已在糖尿病患者肌肉损伤诊断中广泛应用<sup>[4]</sup>,但有关超声造影在糖尿病患者腓肠肌病变中的应用鲜见报道。因此,本研究回顾性分析了超声造影与高频超声在 T2DM 患者腓肠肌病变中的诊断效果,探讨二者的临床应用价值。

## 1 对象与方法

1.1 研究对象 选取 2017 年 6 月至 2019 年 9 月山东第一医科大学附属济南人民医院内分泌科收治的 108 例 T2DM 患者,均接受手术穿刺活检,其中 47 例合并腓肠肌病变,临床表现为腓肠肌局部肿胀伴疼痛感,行走及按压病变部位时痛感加剧,肌肉断裂处触诊有明显凹陷。47 例腓肠肌病变患者中男 32 例,女 15 例,年龄 42 ~ 72 (57.71 ± 8.09) 岁;61 例为单纯 T2DM 患者,其中男 43 例,女 18 例,年龄 43 ~ 70 (57.42 ± 7.31) 岁。同期选取 50 名健康体检者为对照组,其中男 28 名,女 22 名,年龄 40 ~ 70 (56.25 ± 7.34) 岁。

T2DM 腓肠肌病变患者纳入标准:(1)符合 T2DM 的诊断标准<sup>[5]</sup>。(2)糖尿病病史 > 3 年,自主行动无障碍,足背动脉搏动可见。(3)出现肌肉酸胀、疼痛或腓肠肌痉挛(近 3 个月在静息或活动时曾出现 ≥ 3 次一侧或两侧腓肠肌突然发作的强直性痛性痉挛,每次持续 ≥ 1 min,发作时无意识障碍),且糖化血红蛋白 A1c (HbA1c) 超过 7%。(4)患者及家属知情并自愿同意参与本研究。排除标准<sup>[6]</sup>:(1)1 型糖尿病或其他特殊类型糖尿病。(2)严重心功能不全、肾脏功能障碍(即肌酐清除率 < 30 ml/min)及肝胆疾病。(3)自身免疫性、传染性疾病或恶性肿瘤。(4)急性代谢紊乱、感染性发热及合并痛性神经病变。(5)临床资料及影像资料不全。所有 T2DM 患者均行腓肠肌高频超声和超声造影检查。

## 1.2 方法

1.2.1 病史采集 收集所有研究对象一般情况及既往史,包括年龄、身高、体重、糖尿病病程、高血压病史、高血脂病史、冠心病病史、吸烟史等。

1.2.2 高频超声检查 用 ESAOTE MyLab 彩色多普勒超声诊断仪,LA523 高频探头和 PHILIPS iU Elite 彩色多普勒超声诊断仪,L12-5 高频探头。肌肉检查最常选用 7 ~ 10 MHz 线阵探头,体胖者可能需要 5 MHz 探头以增加穿透力。检查时,患者充分

暴露双侧肢体,自上而下移动探头,多角度、多切面扫查,逐步显示肌肉、肌腱走向,在横断方向适当转动探头,以明确腓肠肌内部是否有高、低回声,局部肌肉纹理是否清晰,有无毛玻璃样改变。图像及数据采集过程均由 2 名专业医师共同完成。根据患者腓肠肌超声表现将其分为以下 2 种。(1) 重度病变:腓肠肌局部明显肿胀,肌肉断裂处可见明显凹陷或触诊有明显凹陷,病变处皮下脂肪层增厚,回声明显增强;腓肠肌肌纤维排列紊乱,断端处回声增强,并可见不规则回声区;患者适当背曲时可见断端处有明显变化。(2) 轻度病变:病变部位轻度肿胀或无明显肿胀,按压时有疼痛感但无明显凹陷,病变处皮下脂肪层无明显异常,肌肉层较健侧略有增厚,内部回声增强,肌纤维排列杂乱,背曲动作时未见明显变化。

1.2.3 超声造影检查 采用机械指数 ( $<0.1$ ) 实时成像方法。造影剂选用六氟化硫微泡,经肘静脉团注,每次用量 1.8 ~ 2.4 ml (用量以造影效果达到最佳为宜,必要时可用 4.8 ml),如需多次注射,时间间隔至少  $>10$  min,以保证循环中的微泡已经清除。造影体位同常规超声检查,对患者腓肠肌受损部位、损伤程度、肌纤维纹理等情况进行观察记录,然后对患者腓肠肌病变情况进行分级,诊断结果分为重度病变和轻度病变。

1.2.4 手术穿刺活检 超声造影检查结束后,对患肢腓肠肌进行局部麻醉,麻醉方法:皮下注射 5% 的利多卡因,用量为 1 ~ 2 ml,随后在超声引导下穿刺活检取患肢腓肠肌组织。所获取的组织经甲醛固定及常规处理后,进行苏木精-伊红染色,在电子显微镜下观察腓肠肌组织的病理形态学改变。肌丝排列不整齐,但可清晰看见 Z 线,线粒体脊结构正常,即为腓肠肌轻度病变;肌丝溶解,且完全无法辨别明暗

带,线粒体脊结构模糊或消失,即为腓肠肌重度病变。

1.3 观察指标 观察记录所有研究对象小腿腓肠肌肌肉二维声像图及造影动态声像图,比较高频超声和超声造影测得的研究组和对照组腓肠肌肌束宽度、造影剂灌注情况,并利用超声造影分析软件 QcontraXt Trial V2.0 对获取的造影图像进行分析,比较病变区域与周围区域达峰时间 (PT) 及峰值强度 (PS)。

1.4 生化指标测定 所有研究对象空腹 12 h 后次日取清晨静脉血 4 ml,在 7180 日立全自动生化分析仪上测定空腹血糖 (FBG)、HbA1c、总胆固醇 (TC)、C-反应蛋白 (CRP)、胰岛素水平。

1.5 统计学处理 用 SPSS 22.0 软件分析数据,计量资料以  $\bar{x} \pm s$  表示,两组间比较采用  $t$  检验;计数资料行卡方检验。利用四格表评价高频超声和超声造影对 T2DM 患者腓肠肌病变的诊断价值,其中灵敏度 = 真阳性 / (真阳性 + 假阴性)  $\times 100\%$ ,特异度 = 真阴性 / (真阴性 + 假阳性)  $\times 100\%$ ,准确率 = (真阳性 + 真阴性) / (真阳性 + 假阳性 + 真阴性 + 假阴性)  $\times 100\%$ ,阳性预测值 = 真阳性 / (真阳性 + 假阳性)  $\times 100\%$ ,阴性预测值 = 真阴性 / (真阴性 + 假阴性)  $\times 100\%$ 。 $P < 0.05$  为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 临床资料比较 T2DM 合并腓肠肌病变组、单纯 T2DM 组与对照组在年龄、性别、体重指数、高血压病史、高血脂病史、冠心病病史、吸烟史上差异无统计学意义 ( $P$  均  $>0.05$ ),T2DM 合并腓肠肌病变组、单纯 T2DM 组患者 FBG、HbA1c、TC、CRP、胰岛素水平均明显高于对照组 ( $P$  均  $<0.05$ ),但 T2DM 合并腓肠肌病变组和单纯 T2DM 组患者血清指标水平差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ),见表 1。

表 1 临床资料比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

观察项目	T2DM 合并腓肠肌病变组 ( $n=47$ )	单纯 T2DM 组 ( $n=61$ )	对照组 ( $n=50$ )	F 值	P 值
年龄 (岁)	57.71 $\pm$ 8.09	57.42 $\pm$ 7.31	56.25 $\pm$ 7.34	0.522	0.594
性别 (男/女,例)	32/15	43/18	28/22	2.790	0.248
体重指数 ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )	24.16 $\pm$ 3.24	23.84 $\pm$ 3.19	23.69 $\pm$ 3.64	0.248	0.781
高血压病史 [ $n(\%)$ ]	13 (27.66)	15 (24.59)	11 (22.00)	0.418	0.811
高血脂病史 [ $n(\%)$ ]	16 (34.04)	19 (31.15)	9 (18.00)	3.641	0.162
冠心病病史 [ $n(\%)$ ]	8 (17.02)	9 (14.75)	6 (12.00)	0.494	0.781
吸烟史 [ $n(\%)$ ]	12 (25.53)	10 (16.39)	7 (14.00)	2.405	0.300
FBG (mmol/L)	11.93 $\pm$ 3.67 <sup>a</sup>	11.24 $\pm$ 3.16 <sup>a</sup>	7.37 $\pm$ 2.49	30.899	0.000
HbA1c (%)	10.17 $\pm$ 2.31 <sup>a</sup>	9.63 $\pm$ 1.87 <sup>a</sup>	6.82 $\pm$ 1.13	48.584	0.000
TC (mmol/L)	5.24 $\pm$ 1.37 <sup>a</sup>	5.03 $\pm$ 1.15 <sup>a</sup>	4.20 $\pm$ 1.02	10.797	0.000
CRP (mg/L)	5.62 $\pm$ 1.43 <sup>a</sup>	5.24 $\pm$ 1.37 <sup>a</sup>	3.69 $\pm$ 1.35	27.336	0.000

注: T2DM: 2 型糖尿病; FBG: 空腹血糖; HbA1c: 糖化血红蛋白 A1c; TC: 总胆固醇; CRP: C-反应蛋白; 与对照组比较, <sup>a</sup> $P < 0.05$

2.2 肌束宽度水平比较 高频超声和超声造影检测结果表明, T2DM 合并腓肠肌病变组患者腓肠肌肌束宽度显著低于单纯 T2DM 组 ( $P < 0.05$ ), 高频超声和超声造影测得的各组内肌束宽度差异无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 见表 2。

表 2 肌束宽度水平比较 (cm,  $\bar{x} \pm s$ )

组别	例数	肌束宽度	
		高频超声	超声造影
T2DM 合并腓肠肌病变组	47	$0.46 \pm 0.16$	$0.45 \pm 0.11$
单纯 T2DM 组	61	$0.87 \pm 0.34^a$	$0.91 \pm 0.23^a$

注: T2DM: 2 型糖尿病; 与腓肠肌病变组相比,  $^a P < 0.05$

2.3 超声造影检查结果 T2DM 腓肠肌病变患者中 34.4% 腓肠肌肌肉纹理不清晰, 局部可见低回声区, 呈低灌注增强模式, 周围呈毛玻璃样改变; 54.3% 腓肠肌无明显低回声, 但亦可见低灌注增强 (图 1), 超声造影腓肠肌正常灌注区见图 2; 低回声区域造影 PS 显著低于周围正常回声区域 ( $P < 0.05$ ), PT 与周围区域差别无统计学意义 ( $P > 0.05$ ), 见表 3。

表 3 超声造影在病变低灌注区与周围区域

PS 与 PT 比较 ( $\bar{x} \pm s$ )

	例数	PS (dB)	PT (ms)
病变低灌注区域	47	$30.02 \pm 5.60^a$	$38.00 \pm 4.20$
病变周围灌注区域	47	$50.00 \pm 14.70$	$39.00 \pm 4.50$

注: PT: 达峰时间; PS: 峰值强度; 与病变周围灌注区域相比,

$^a P < 0.05$

2.4 T2DM 腓肠肌病变的诊断价值分析 以手术穿刺活检结果为诊断标准, 结果显示, 超声造影结果

的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确率均高于高频超声, 见表 4。其中高频超声诊断 T2DM 合并腓肠肌病变的准确率为 70.21%, 超声造影诊断 T2DM 合并腓肠肌病变的准确率为 93.62%, 两种方法诊断价值差异显著 ( $P < 0.05$ ), 见表 5。

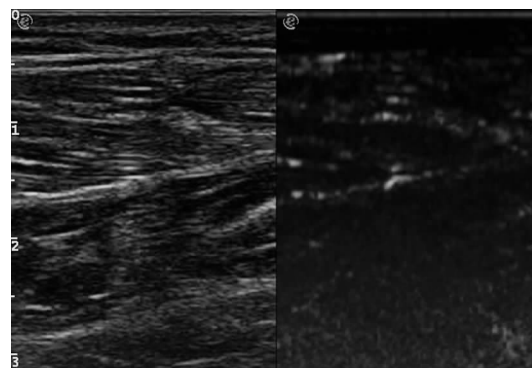


图 1 超声造影显示腓肠肌内低灌注区域 (低灌注增强)

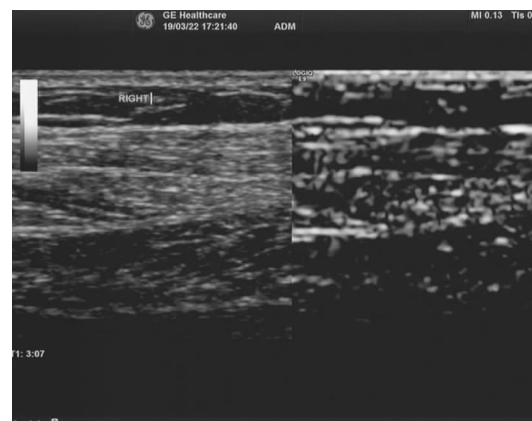


图 2 超声造影可见腓肠肌内灌注正常

表 4 高频超声和超声造影对 T2DM 腓肠肌病变预测价值比较 (%)

检测方法	灵敏度	特异度	阳性预测值	阴性预测值	准确率
高频超声	70.37	83.33	80.85	73.77	76.85
超声造影	$82.69^a$	$92.86^a$	$91.49^a$	$85.25^a$	$87.96^a$

注: T2DM: 2 型糖尿病; 与高频超声比较,  $^a P < 0.05$

表 5 高频超声和超声造影对 T2DM 腓肠肌病变严重程度预测价值比较 (%)

检测方法	灵敏度	特异度	阳性预测值	阴性预测值	准确率
高频超声	68.75	73.33	84.62	52.38	70.21
超声造影	$92.59^a$	$95.00^a$	$96.15^a$	$90.48^a$	$93.62^a$

注: T2DM: 2 型糖尿病; 与高频超声比较,  $^a P < 0.05$

### 3 讨论

T2DM 发病机制较复杂, 如随年龄增长胰岛素功能下降、肌肉萎缩等<sup>[7-8]</sup>, 都可能增加其患病率<sup>[9]</sup>。腓肠肌病变是 T2DM 患者常见的一种并发症, 常表现为腓肠肌肌肉压痛、强直性痛性痉挛, 发作时可持续数十秒至数分钟, 给患者身心带来极大痛苦。本研究中, T2DM 合并腓肠肌病变患者和单

纯 T2DM 患者血清 FBG、HbA1c、TC、CRP 水平均较对照组高, 表明高血糖、血管内皮功能紊乱、高脂、炎症反应等生理病理作用参与 T2DM 病情发生、发展过程。临床上可通过磁共振成像技术对腓肠肌病变进行早期诊断<sup>[10]</sup>, 但由于价格昂贵、操作费时费力, 不为患者所接受。因此, 找到方便、快速、高效的检查方法对于早期诊断 T2DM 腓肠肌病变具有重要的

临床意义。

随着超声技术的发展,高频超声技术在临床上的应用越来越广泛,尤其适用于血管性疾病。彩色多普勒超声检查可清楚地看到血管内血流动力学的改变,且可显示骨骼表面或者关节周围软组织的状态<sup>[11]</sup>,为临床诊断提供重要的信息。由于高频超声检查为无创检查,且操作便捷,已广泛应用于临床<sup>[12]</sup>。超声造影也是一种无创检查技术,可实时评估肌肉血流灌注情况<sup>[13]</sup>,造影剂微泡的信号强度分布可反映局部组织血流分布情况,造影剂灌注和廓清过程可实时反映血管内血液流速,并能实现定量分析。郑伟坤等<sup>[14]</sup>已利用超声造影技术评估早期糖尿病兔骨骼肌变化。本研究利用超声造影和超声技术检测腓肠肌肌束宽度,结果发现腓肠肌病变患者腓肠肌肌束宽度较单纯 T2DM 患者低,表明 T2DM 腓肠肌病变患者腓肠肌肌肉可能发生萎缩。

目前广为接受的 T2DM 发生腓肠肌病变的致病机制是糖尿病微小血管病变和大血管动脉粥样硬化引起肌肉缺血,从而产生一系列炎症免疫反应致肌肉病变坏死<sup>[15]</sup>。肌肉缺血、缺氧时会导致血管内皮细胞因子的低水平表达<sup>[16]</sup>,这也是致糖尿病骨骼肌损伤的重要原因。糖尿病患者骨骼肌细胞在光镜下由于细胞及间质水肿,发生肌纤维溶解,导致异常蛋白质沉着,从而发生萎缩<sup>[17]</sup>。本研究经超声造影观察到 T2DM 腓肠肌病变患者中 34.4% 腓肠肌肌肉纹理不清晰,局部可见低回声区,呈低灌注增强模式,周围呈毛玻璃样改变;54.3% 腓肠肌无明显低回声,但亦可见低灌注增强,可定量反映病变骨骼肌形态结构的变化,相比于二维高频超声更具优势。本研究利用四格表评价高频超声和超声造影对 T2DM 腓肠肌病变及病变严重程度的诊断价值,结果显示,超声造影结果的灵敏度、特异度、阳性预测值、阴性预测值、准确率均高于高频超声,提示两种方法对 T2DM 腓肠肌病变均有一定的诊断价值,其中超声造影的诊断价值相对较高。

综上所述,超声造影和超声对 T2DM 患者腓肠肌病变及病变严重程度均有一定的诊断价值,其中超声造影有望成为检测 T2DM 患者腓肠肌病变的更有效方法。

利益冲突 所有作者均声明不存在利益冲突

## 参 考 文 献

- [1] Lui PPY. Tendinopathy in diabetes mellitus patients-Epidemiology, pathogenesis, and management [J]. Scand J Med Sci Sports, 2017, 27 (8): 776-787. DOI: 10. 1111/sms. 12824. Epub 2017 Jan 20. PMID: 28106286.
- [2] 梁愿,李章春,卢薇,等.血清分泌型卷曲相关蛋白 5 与中老年 2 型糖尿病代谢性炎症综合征的关系[J].中国老年学杂志,2019,39(7):1573-1576. DOI:10. 3969/j. issn. 1005-9202. 2019. 07. 013.
- [3] 何清华,常鑫森,孙明晓,等.2 型糖尿病患者肌肉质量和力量的变化特点[J].中华老年医学杂志,2020,39(5):550-554. DOI:10. 3760/cma. j. issn. 0254-9026. 2020. 05. 015.
- [4] 赵海燕.探讨高频超声在 2 型糖尿病(T2DM)足部肌及小腿腓肠肌早期病变中的临床价值[J].实用糖尿病杂志,2020,16(6):63-64.
- [5] 田勃,洪天配.美国糖尿病学会 2017 年版糖尿病医学诊疗标准的解读[J].中国糖尿病杂志,2017,25(7):577-581. DOI: 10. 3969/j. issn. 1006-6187. 2017. 07. 001.
- [6] 芦佳,王春辉,袁红维.高频超声诊断在人体大运动后颈部肌肉骨骼损伤中的应用价值[J].实用临床医药杂志,2019,23(16):79-81. DOI:10. 7619/jcjp. 201916021.
- [7] Li Y, Li C, Yang M, et al. Association of single nucleotide polymorphisms of miRNAs involved in the GLUT4 pathway in T2DM in a Chinese population [J]. Mol Genet Genom Med, 2019, 7(9): e907. DOI:10. 1002/mgg3. 907.
- [8] van der Schaft N, Schoufour JD, Nano J, et al. Dietary antioxidant capacity and risk of type 2 diabetes mellitus, prediabetes and insulin resistance: the Rotterdam Study [J]. Eur J Epidemiol, 2019, 34(1): 853-861. DOI:10. 1007/s10654-019-00548-9.
- [9] Liu F, Chen G, Huo W, et al. Associations between long-term exposure to ambient air pollution and risk of type 2 diabetes mellitus: a systematic review and meta-analysis [J]. Environ Pollut, 2019, 252 (Pt B): 1235-1245. DOI: 10. 1016/j. envpol. 2019. 06. 033.
- [10] 刘俊谷,张进.超短回波时间磁共振成像技术在骨骼系统中的临床应用进展[J].磁共振成像,2020,11(2):158-160. DOI:10. 12015/issn. 1674-8034. 2020. 02. 017.
- [11] 邱琼琼,马晓芹,赵海燕.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意义[J].中国实用医刊,2018,45(10):13-15. DOI:10. 3760/cma. j. issn. 1674-4756. 2018. 10. 004.
- [12] 易芳,王小书,秦素兰.彩色多普勒超声检查老年 2 型糖尿病下肢血管病变的临床应用[J].医学影像学杂志,2019,29(5):878-881.
- [13] 崔艳华,严继萍,赵文莉,等.心肌超声造影对大动脉炎冠状动脉受累患者心肌血流灌注的评价价值[J].中华临床医师杂志(电子版),2020,14(8):599-603. DOI:10. 3877/cma. j. issn. 1674-0785. 2020. 08. 003.
- [14] 郑伟坤,吕国荣,徐振宏,等.超声造影评估早期糖尿病兔骨骼肌病变[J].中华超声影像学杂志,2019,28(3):267-271. DOI:10. 3760/cma. j. issn. 1004-4477. 2019. 03. 015.
- [15] Wu H, Wen F, Jiang M, et al. LncRNA uc. 48 + is involved in the diabetic immune and inflammatory responses mediated by P2X7 receptor in RAW264. 7 macrophages [J]. Int J Mol Med, 2018, 42(2): 1152-1160. DOI:10. 3892/ijmm. 2018. 3661.
- [16] Kollia C, Antonopoulos AS, Siasos G, et al. Associations between adiponectin gene variability, proinflammatory and angiogenic markers: implications for microvascular disease development in type 2 diabetes mellitus? [J]. Curr Vasc Pharmacol, 2019, 17(2): 204-208. DOI:10. 2174/157016116666180108113825.
- [17] Nagatomo F, Takemura A, Roy RR, et al. Mild hyperbaric oxygen inhibits the growth-related decline in skeletal muscle oxidative capacity and prevents hyperglycemia in rats with type 2 diabetes mellitus [J]. J Diabetes, 2018, 10(9): 753-763. DOI:10. 1111/1753-0407. 12666.

(收稿日期:2020-12-21)