

论著·临床研究 doi:10.3969/j.issn.1671-8348.2022.21.007
网络首发 https://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1097.r.20220725.1734.028.html(2022-07-26)

实时剪切波弹性成像和彩色脉搏波成像技术在Ⅱ型糖尿病患者颈动脉硬化中的应用研究*

谭丽莉¹,徐 帆²,孙 月²,杨寒凝²,陆永萍^{2△}
(1.昆明医科大学研究生院 650300;2.云南大学附属医院超声科,昆明 650021)

[摘要] **目的** 利用实时剪切波弹性呈像(SWE)和彩色脉搏波成像(UFPWV)技术定量分析 2 型糖尿病(T2DM)患者颈总动脉血管壁的弹性范围,评价 2 种超声成像技术在 T2DM 患者颈总动脉血管壁硬度方面的应用价值。**方法** 选取云南大学附属医院经临床确诊的 T2DM 患者(T2DM 组)及健康体检者(健康组)各 100 例,每组按年龄再分为 3 组(<45 岁、45~59 岁、>59 岁),SWE 及 UFPWV 技术获得所有受检者颈总动脉血管壁的杨氏模量值(Max、Min、Mean)及脉搏波速度(PWV),包括收缩期开始时的脉搏波速度(PWVBS)、收缩期结束时的脉搏波速度(PWVES),得到颈总动脉血管壁的纵向及环向硬度。**结果** T2DM 组患者颈总动脉血管壁各杨氏模量值(Max、Min、Mean)、PWV(PWVBS、PWVES)均大于健康组受检者($P<0.05$)。T2DM 组男、女性颈总动脉血管壁各杨氏模量值(Max、Min、Mean)、PWV(PWVBS、PWVES)差异均无统计学意义($P>0.05$)。T2DM 组患者各杨氏模量值(Max、Min、Mean)、PWV(PWVBS、PWVES)均与年龄呈正相关($r=0.776、0.706,P<0.05$)。**结论** SWE 及 UFPWV 成像技术可以评价颈总动脉血管壁的纵向及环向硬度,T2DM 患者颈总动脉血管壁的纵向及环向硬度高于健康人。2 种超声技术综合分析对提高早期发现动脉硬化和测量总动脉血管壁硬度的准确性有重要价值。

[关键词] 2 型糖尿病;颈总动脉;血管壁硬度;剪切波弹性成像;彩色脉搏波成像
[中图法分类号] R445.1 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-8348(2022)21-3634-05

Application of real-time shear and color pulse wave imaging techniques in carotid arterial hardness in patients with type 2 diabetes mellitus

TAN Lili¹,XU Fan²,SUN Yue²,YANG Hanning²,LU Yongping^{2△}
(1.Graduate School of Kunming Medical University,Kunming,Yunnan 650300,China;2.Department of Ultrasound,Affiliated Hospital of Yunnan University,Kunming,Yunnan 650021,China)

[Abstract] **Objective** To quantitatively analyze the elastic range of vascular wall of the common carotid artery in the patients with type 2 diabetes mellitus (T2DM) by using real-time shear wave elastography (SWE) and ultrafast pulse wave velocity (UFPWV) techniques,and to evaluate their application value in the common carotid arterial vascular wall hardness of T2DM. **Methods** One hundred patients with clinically diagnosed T2DM (T2DM group) and 100 healthy subjects undergoing physical examination (health group) in Affiliated Hospital of Yunnan University were selected and divided into 3 groups (<45 years old,45—59 years old,>59 years old) according to age. The Young's modulus values (Max,Min,Mean),pulse ware velocity (PWV) which contained PWVBS,PWVES,in all subjects were obtained by SWE and UFPWV technologies, the longitudinal and circumferential vessel wall stiffness of the common carotid arterial vascular wall were obtained. **Results** The Young's modulus values (Max,Min,Mean),PWV (PWVBS,PWVES),longitudinal and circumferential vessel wall stiffness of common carotid artery in the T2DM group were greater than those in the health group ($P<0.05$). There was no statistical differences in the Young's modulus values of(Max,Min,Mean),PWV (PWVBS,PWVES) of the common carotid artery between males and females in the T2DM group($P>0.05$). The Young's modulus values (Max,Min,Mean),PWV (PWVBS,PWVE) in the T2DM group were all positively correlated with the age ($r=0.776,0.706,P<0.05$). **Conclusion** The SWE and UF-PWV imaging techniques could evaluate the longitudinal and circumferential stiffness of the common carotid

* 基金项目:云南省“万人计划”名医专项(YNWR-MY-2018-004);云南省医学领军人才培养基金项目(L-201616)。 作者简介:谭丽莉(1997—),在读硕士研究生,本科,主要从事心血管超声医学研究。 △ 通信作者,E-mail:luyongp@163.com。

artery. The longitudinal and circumferential stiffnesses of the common carotid artery in T2DM patients are higher than those in the health people. Comprehensive analysis of the two ultrasound techniques is of great value in accuracy for early finding arteriosclerosis and measuring vascular wall hardness of common carotid artery.

[Key words] type 2 diabetes mellitus; common carotid artery; hardness of vascular wall; shear wave elastography; ultrafast pulse wave velocity

2 型糖尿病(type 2 diabetes mellitus, T2DM)在动脉硬化早期,血管弹性即可发生改变^[1],及时检查、分析 T2DM 患者血管壁的硬度,对监测 T2DM 患者心脑血管疾病的发展具有重要意义。本研究利用实时剪切波弹性成像(shear wave elastography, SWE)和彩色脉搏波成像(ultrafast pulse wave velocity, UFPWV)技术对 T2DM 患者及健康体检者颈总动脉血管壁进行定量分析,综合评价颈总动脉血管壁的纵向及环向血管壁硬度,分析影响血管壁硬度的因素,探讨 2 种技术评价颈总动脉血管壁弹性的价值和前景。

1 资料与方法

1.1 一般资料

选取 2019 年 2—12 月于云南大学附属医院经临床确诊为 T2DM 的患者为病例组,男、女各 50 例, <45 岁 21 例、45~59 岁 38 例、≥59 岁 41 例,选取同期医院无糖尿病病史且颈部血管超声表现正常的健康体检者为健康组,其中男 49 例,女 51 例, <45 岁 47 例、45~59 岁 37 例、≥60 岁 16 例。所有受检者均无糖尿病并发症、慢性肾病、高脂血症、高血压等心脑血管疾病病史、二维超声显示颈总动脉内中膜复合体厚度<1.0 mm,内未见斑块形成。

1.2 方法

选用法国 Supersonic Imagine 公司的 Aix-plorer 型彩色多普勒超声诊断仪,选用 L15-4 线阵探头,探头频率为 4~15 MHz。

1.2.1 二维超声

所有受检者静息平躺于诊疗床,双侧前臂平放置于身体两侧,头转向检查侧的另一侧,充分伸展、显露检查侧的颈部。探头与颈总动脉的长轴尽量平行,不断调整仪器的深度及增益,直至二维超声图像显现清晰,持续观察颈总动脉血管壁内-中膜复合体厚度及血流状态。

1.2.2 SWE

探头轻置于颈部皮肤表面,将图像放大至 200%,转换至 SWE 模式,彩色量程设置为 0~200 kPa,取样框置于颈总动脉距离颈动脉窦部 5 cm 处,嘱被检查者屏住呼吸 3 s,取样框内颜色均匀分布后冻结图像,选择感兴趣区(region of interest, ROI)。于 SWE 的每一帧内均设置 ROI, Q-BOX 选择直径为 1 mm 的圆形区域,以获得最佳的测量结果。系统自动测量 ROI 内的杨氏模量最大值(Max)、最小值(Min)、平均值(Mean)。每一个 ROI 均反复成功测量 3 次并取其

平均值,测值反映颈总动脉的纵向血管壁硬度。

1.2.3 UFPWV

探头轻度施压于皮肤表面,转换至脉搏波速度(PWV)模式,量程均设置为-3.1~3.1 cm/s。嘱被检查者屏住呼吸 5 s,将取样框移动至覆盖颈总动脉血管壁,系统自动描述并测量颈总动脉收缩期开始时脉搏波速度(PWVBS)、收缩期结束时脉搏波速度(PWVES)及相对应的标准差($\Delta\pm$),以 $\Delta\pm\leq 20\%$ 的 PWVBS、PWVES 值认为可信。同一受检者反复成功测量 3 次并取其平均值,测值反映颈总动脉的环向血管壁硬度。

1.3 统计学处理

采用 SPSS20.0 软件分析数据,计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示,2 组间比较采用配对 *t* 检验,多组间比较采用单因素方差分析,年龄与血管壁弹性值的相关性采用 Pearson 相关系数 *r* 来表示,以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 颈总动脉二维超声及 SWE 的超声表现

颈总动脉血管壁由外膜、中膜、内膜构成,健康组受检者颈总动脉纵切面显示:颈总动脉前、后壁为相互平行的高回声,外膜为高回声,中膜为无回声,内膜为连续的较低回声,管腔内呈现无回声。T2DM 组患者颈总动脉血管壁内-中膜复合体厚度较健康组稍增厚。SWE 观察 T2DM 患者和健康组受检者颈总动脉血管壁,量程为 0~200 kPa,健康组受检者颈总动脉血管壁的前壁和后壁均呈现为均匀一致的淡蓝色, T2DM 组患者颈总动脉血管壁大部分呈均匀的浅黄色,少部分呈蓝色。见图 1。

2.2 颈总动脉 UFPWV 的超声表现

UFPWV 观察健康组受检者及 T2DM 组患者颈总动脉血管壁的前壁和后壁,量程为-3.1~3.1 cm/s,曲线与颈总动脉血管壁的前壁和后壁大致重叠后,系统自动分析并测量出 PWVBS、PWVES($\Delta\pm\leq 20\%$),见图 2。

2.3 2 组各年龄段颈总动脉血管壁杨氏模量值、PWV 比较

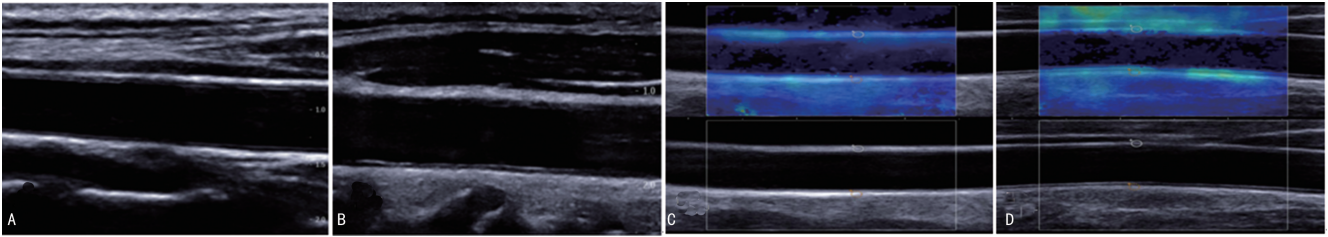
T2DM 组患者与健康组受检者同一年龄段颈总动脉杨氏模量值(Max、Min、Mean)、PWV(PWVBS、PWVES)比较,差异均有统计学意义($P<0.05$), T2DM 组患者颈总动脉血管壁硬度明显大于健康组受检者,见表 1。

2.4 不同性别 T2DM 患者颈总动脉血管壁杨氏模量

值、PWV 比较

不同性别 T2DM 颈总动脉壁杨氏模量值 (Mean、Max、Min)、PWV (PWVBS、PWVES) 比较, 差异均无统计学意义 (均 $P>0.05$), 见表 2。说明 T2DM 男

女颈总动脉血管壁纵向及环向硬度无差别, 故以下各项研究均将男女 (各 50 例) 颈总动脉血管壁的杨氏模量值、PWV 合并, 共计 100 例进行计算与分析。



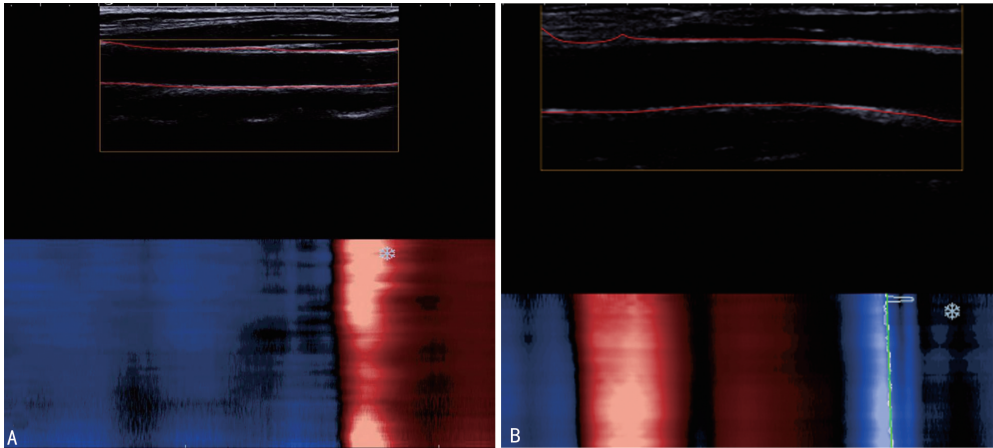
A: 健康组颈总动脉二维超声图像; B: T2DM 组颈总动脉二维超声图像; C: 健康组颈总动脉血管壁 SWE 图; D: T2DM 组颈总动脉血管壁 SWE 图。

图 1 颈总动脉二维及 SWE 的超声表现

表 1 2 组各年龄组颈总动脉血管壁杨氏模量值及 PWV 比较 ($\bar{x}\pm s$)

组别	n	Max(kPa)	Min(kPa)	Mean(kPa)	PWVBS(kPa)	PWVES(m/s)
健康组	100	55.48±11.71	48.02±11.58	5.25±0.86	6.66±1.11	51.95±11.74
<45 岁	47	45.48±5.83	37.97±5.99	4.73±0.66	5.82±0.67	41.84±5.83
46~59 岁	37	61.64±6.96	54.95±6.63	5.61±0.67	7.11±0.69	58.59±7.09
>59 岁	16	70.59±5.78	61.51±5.44	5.96±0.89	8.07±0.89	66.29±6.00
T2DM 组	100	67.44±9.51 ^a	59.57±9.36 ^a	6.09±1.14 ^a	8.15±1.15 ^a	63.39±9.64 ^a
<45 岁	21	54.05±6.49 ^a	46.62±7.23 ^a	5.28±0.67 ^a	7.13±0.92 ^a	50.14±7.28 ^a
46~59 岁	38	66.54±5.38 ^a	58.78±5.36 ^a	6.21±0.69 ^a	7.81±0.91 ^a	62.43±5.51 ^a
>59 岁	41	75.13±4.49 ^a	66.93±4.57 ^a	7.01±0.95 ^a	8.99±0.84 ^a	73.06±4.67 ^a

^a: $P<0.05$, 与健康组同年龄段比较。



A: 健康组; B: T2DM 组。

图 2 颈总动脉 UFPWV 的超声表现

表 2 不同性别 T2DM 患者总动脉血管壁杨氏模量值及 PWV 比较 ($\bar{x}\pm s$)

性别	n	Max(kPa)	Min(kPa)	Mean(kPa)	PWVBS(m/s)	PWVES(m/s)
男	50	65.98±9.85	57.98±9.76	61.72±10.06	5.93±1.05	8.04±1.09
女	50	68.90±9.03	61.15±8.74	65.05±8.99	6.24±1.21	8.27±1.21

2.5 不同年龄段 T2DM 患者颈总动脉血管壁杨氏模量值、PWV 比较

T2DM 患者不同年龄段颈总动脉壁杨氏模量值

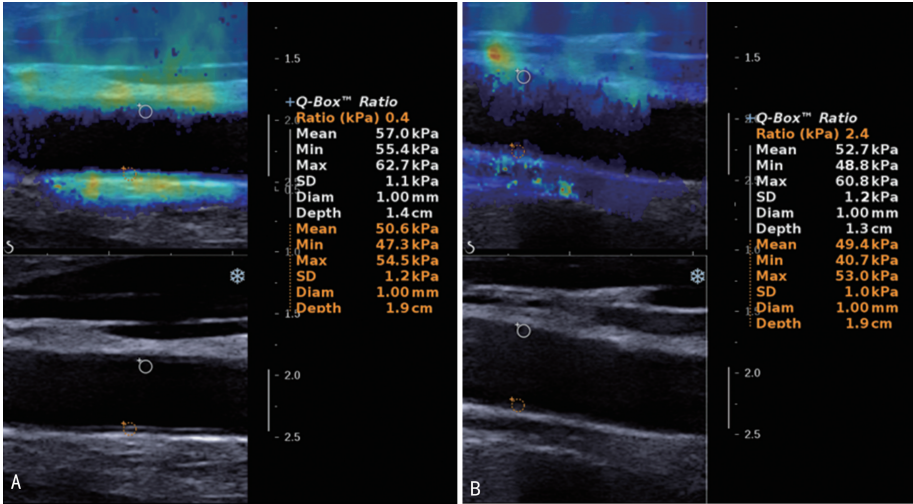
(Max、Min、Mean)、PWV (PWVBS、PWVES) 比较, 差异均有统计学意义 ($P<0.05$), 总体上与年龄呈正相关, 即 T2DM 患者的颈总动脉血管壁的纵向及环向

血管壁硬度随着年龄的增长而增加。见表3。

2.6 T2DM 患者颈总动脉血管壁杨氏模量值、PWV 与年龄的相关性分析

T2DM 患者颈总动脉壁杨氏模量值(Max、Min、

Mean)、PWV(PWVBS、PWVES)与年龄呈正相关($r=0.776、0.706$),随着年龄的增长,杨氏模量值(Max、Min、Mean)及PWV(PWVBS、PWVES)呈升高趋势($P<0.05$),见图4。

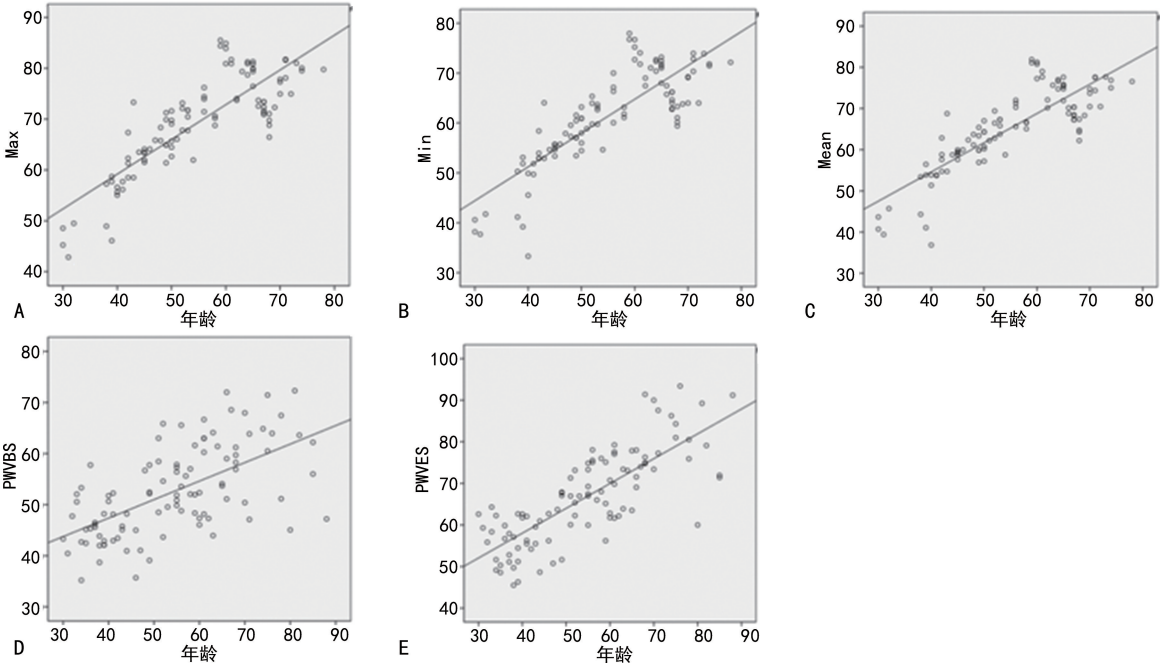


A:男;B:女。

图3 T2DM 患者男、女性动脉 SWE 图

表3 T2DM 患者不同年龄组颈总动脉血管壁杨氏模量值及 PWV 比较($\bar{x}\pm s$)

年龄	n	Max(kPa)	Min(kPa)	Mean(kPa)	PWVBS(kPa)	PWVES(m/s)
<45 岁	21	54.05±6.49	46.62±7.03	50.14±7.28	4.98±0.67	7.13±0.92
46~59 岁	38	66.54±5.38	58.78±5.36	62.43±5.51	5.71±0.69	7.81±0.91
>59 岁	41	75.13±4.49	66.93±4.57	71.06±4.67	7.01±0.95	8.99±0.84
P		<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	0.002



A:Max;B:Min;C:Mean;D:PWVBS;E:PWVES。

图4 T2DM 患者颈总动脉壁杨氏模量、PWV 与年龄的相关性

3 讨论

糖尿病是一种复杂的慢性疾病,其与持续的高血

糖水平相关,目前并无有效的治愈方法,糖尿病及其并发症对患者的生命健康构成了较为严重的威胁,严

重影响患者的生活质量^[1-2]。在糖尿病的并发症中,颈动脉的病变是最严重的外周血管病变,临床上对此高度重视,颈动脉超声能够对 T2DM 患者的颈动脉病变进行早期诊断^[3],颈总动脉的位置浅表且固定,在解剖结构上超声检测有很大优势,且颈总动脉走形相较于其他血管较为平直,超声可以直观并且清晰地显示颈总动脉,大大提高了检查效率,增加了诊断准确性^[4]。

SWE 是一种新兴的弹性成像技术,根据机械振动产生的横向剪切波,以超高速在不同深度上连续聚焦,产生“马赫锥”效应。根据不同组织中剪切波传播速度的不同,通过公式 $E=3\rho C_2^2$ 可得出对应组织的杨氏模量值,组织的弹性及硬度可以通过弹性模量值进行评价^[5-6]。较软的组织与较硬的组织比较,剪切波的传播速度较慢,即剪切波传播速度越慢,杨氏模量值越小,组织越软,反之,杨氏模量值越大,组织越硬^[7]。目前,SWE 技术已应用于腹部、浅表小器官、肌骨神经及妇科疾病的诊断^[8-10],SWE 可以在二维超声取得清晰图像后系统测量组织的弹性结果,取样框的选取可以避开非 ROI,从而避免产生多余的生物学效应。另一方面,SWE 可以多次重复测量组织硬度,操作更加便捷^[11-12]。

UFPWV 是一种非侵入性评估动脉硬度的新技术,可以简便、快捷、无创地评估颈动脉的弹性功能,目前,UFPWV 在高血压患者颈动脉弹性功能的评估中已经广泛应用^[13]。PWV 是根据脉搏波 2 个部位的距离和传导时间的比值得出,UFPWV 可借助特定的软硬件处理计算平台,直接得到颈动脉 PWVBS 和 PWVES 2 个时相颈动脉的 PWV,从而全面评估颈动脉的弹性功能变化^[14-15]。有研究表明,PWV 与动脉的僵硬度呈正相关,根据测量的 PWV 可评价血管的弹性程度,反映血管壁的硬度,即 PWV 越大,血管壁的硬度越大^[16]。

本研究通过对 T2DM 患者颈总动脉血管壁硬度(纵向及环向)进行分析,发现 T2DM 患者颈总动脉血管壁硬度在男性与女性间并无明显差异、血管壁硬度与年龄呈现相关性。这是由于随着年龄增加,血管壁的弹力纤维减少,胶原纤维增加,血管扩张能力降低,血管壁的硬度增加,导致剪切波及脉搏波在颈总动脉血管内的传播速度加快^[17-18],最终表现为血管壁的纵向及横向的硬度均增高,同时,血管壁的弹性及其变化可以通过 SWE 与 UFPWV 技术反映,且二者的结果具有等效性及一致性。

SWE 和 UFPWV 的优势在于便捷、有效、实时、廉价、安全等^[19],便于对普遍人群动脉硬化进行初级筛查,有助于动脉硬化更准确地预测风险,为临床早期发现动脉硬化提供了新的诊断途径,能够辅助临床在诊断后作出更好的针对性的预防治疗。

SWE 和 UFPWV 在应用中各有优势与不足,但二者结合可以相互补充,测量的准确性能有效提高。

随着社会的进步、研究的深入及技术的完善,2 种技术能够为临床诊断提供新的思路,在评价颈总动脉血管壁弹性中有较高的应用价值和前景。

参考文献

[1] 庄凌芳. 阿卡波糖、盐酸二甲双胍联合参芪降糖胶囊在治疗二型糖尿病的疗效分析[J]. 海峡医学,2019,33(11):145-146.

[2] 张二康,杨丽娟,房鑫,等. 2 型糖尿病患者跟腱的超声特点及弹性改变的研究进展[J]. 牡丹江医学院学报,2022,43(1):116-118.

[3] 门翠伟. 颈动脉彩超在 2 型糖尿病颈动脉病变检测中的临床价值分析[J]. 中国现代药物应用,2022,16(3):3.

[4] 董虹美,冉素真. 不同超声技术评价颈动脉弹性的研究进展[J]. 临床超声医学杂志,2020,22(9):691-693.

[5] 王翔宇,苏涛,陈路增. 剪切波弹性成像用于肾脏疾病研究进展[J]. 中国医学影像技术,2021,37(12):1894-1897.

[6] 秦鹏,冯亚男,李亚鹏,等. 剪切波弹性成像技术量化评估肌腱肌肉弹性模量的信度[J]. 中国康复理论与实践,2018,24(10):1201-1205.

[7] 敬雷,叶新华,董叶,等. 剪切波弹性成像评价不同回声颈动脉斑块的弹性特征[J]. 临床超声医学杂志,2016,18(7):459-462.

[8] 陆倩,吴意赟,王丽娟,等. 剪切波弹性成像技术对 2 型糖尿病周围神经病变评价价值[J]. 临床军医杂志,2022,50(3):305-307.

[9] 张喜梅,张梦圆. SWE 联合经阴道超声对子宫内膜癌的诊断分析[J]. 现代诊断与治疗,2021,32(8):1181-1183.

[10] 刘学,单永,姜凡. SWE 和 SMI 评估不同人群拇长屈肌腱的弹性及血流强度[J]. 中国超声医学杂志,2019,35(9):813-816.

[11] KARA T,ATES F,DURMAZ M S,et al. Assessment of thyroid gland elasticity with shear-wave elastography in Hashimoto's thyroiditis patients[J]. J Ultrasound,2020,23(2):55.

[12] 袁惠,牛锦东,陈洪艳. 实时超声弹性成像对腮腺肿块的诊断价值[J]. 实用医学杂志,2015,31(8):1302-1304.

[13] 陈林丽,姚春,张萍萍,等. 超声彩色脉搏波技术在腹膜透析患者颈动脉弹性定量评估中的应用价值[J]. 中国现代医生,2020,58(35):125-128.

[14] 吴林琳,朱正球,栾云,等. 极速脉搏波技术在评估体重指数与颈动脉弹性相关性中的价值[J]. 现代医学,2018,46(1):1-4. (下转第 3643 页)

229-238.

- [14] SERPA NETO A, JUFFERMANS N P, HEMM ES S N, et al. Interaction between perioperative blood transfusion, tidal volume, airway pressure and postoperative ARDS: an individual patient data meta-analysis[J]. *Ann Transl Med*, 2018, 6(2): 23.
- [15] 董双勇, 韩晗, 徐远胜, 等. 血管紧张素 II 2 型受体激动剂在机械通气肺损伤时调控作用[J]. *中华急诊医学杂志*, 2019, 28(12): 1511-1516.
- [16] SPIETH P M, GÜLDNER A, UHLIG C, et al. Variable versus conventional lung protective mechanical ventilation during open abdominal surgery (PROVAR): a randomised controlled trial[J]. *Br J Anaesth*, 2018, 120(3): 581-591.
- [17] OTSUJI K, FUKUDA K, OGAWA M, et al. Dynamics of microbiota during mechanical ventilation in aspiration pneumonia[J]. *BMC Pulm Med*, 2019, 19(1): 260.
- [18] CHUNG K F. Increasing utility of FeNO as a biomarker of type-2 inflammation in severe asthma[J]. *Lancet Respir Med*, 2021, 9(10): 1083-1084.
- [19] BUSSE W W, WENZEL S E, CASALE T B, et al. Baseline FeNO as a prognostic biomarker for subsequent severe asthma exacerbations in patients with uncontrolled, moderate-to-severe asthma receiving placebo in the LIBERTY ASTHMA QUEST study: a post-hoc analysis[J]. *Lancet Respir Med*, 2021, 9(10): 1165-1173.
- [20] MISKOFF J A, DEWAN A, CHAUDHRI M.

Fractional exhaled nitric oxide testing: diagnostic utility in asthma, chronic obstructive pulmonary disease, or asthma-chronic obstructive pulmonary disease overlap syndrome[J]. *Cureus*, 2019, 11(6): e4864.

- [21] 各廷秋, 张念志, 王陶, 等. 呼出气一氧化氮检测在慢性阻塞性肺疾病中的应用进展[J]. *临床肺科杂志*, 2017, 22(1): 148-151.
- [22] MOSTAFAVI -POUR-MANSHADI S M Y, NADERI N, BARRECHEGUREN M, et al. Investigating fractional exhaled nitric oxide (FeNO) in chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and asthma-COPD overlap (ACO): a scoping review protocol[J]. *BMJ Open*, 2017, 7(12): 314-325.
- [23] ALCÁZAR-NAVARRETE B, ROMERO-PALACIOS P J, RUIZ-SANCHO A, et al. Diagnostic performance of the measurement of nitric oxide in exhaled air in the diagnosis of COPD phenotypes[J]. *Nitric Oxide*, 2016, 54: 67-72.
- [24] YAMAJI Y, OISHI K, HAMADA K, et al. Detection of type2 biomarkers for response in COPD[J]. *J Breath Res*, 2020, 14(2): 026007.
- [25] YAMAJI Y, OISHI K, HAMADA K, et al. Detection of type2 biomarkers for response in COPD[J]. *J Breath Res*, 2020, 14(2): 026007.
- [26] RACHEL M, BIESIADECKI M, AEBISHER D, et al. Exhaled nitric oxide in pediatric patients with respiratory disease[J]. *J Breath Res*, 2019, 13(4): 046007.

(收稿日期: 2022-06-16 修回日期: 2022-08-21)

(上接第 3638 页)

- [15] 付伟, 李劼, 马琳, 等. 极速脉搏波技术评价单纯收缩期高血压患者颈动脉弹性[J]. *中华医学超声杂志*, 2019, 16(9): 671-675.
- [16] LOUISE M, MATHIEU P, HAKIM K, et al. Arterial stiffness assessment by shear wave elastography and ultrafast pulse wave imaging- Comparison with reference techniques in normotensives and hypertensives[J]. *Ultrasound Med Biol*, 2019, 45(3): 758-772.
- [17] 孙佳楠, 孟佳, 曲泉颖, 等. 中药降压茶联合西药治疗高血压的临床观察[J]. *锦州医科大学学报*, 2021, 42(2): 67-70.

- [18] SONG E J, SOHN Y M, SEO M. Diagnostic performances of shear-wave elastography and B-mode ultrasound to differentiate benign and malignant breast lesions: the emphasis on the cutoff value of qualitative and quantitative parameters[J]. *Clin Imaging*, 2018, 50(5): 302-307.
- [19] 刘静华. SWE 技术联合高频超声诊断类风湿性关节炎患者膝关节病变的效能[J]. *中国民康医学*, 2022, 35(2): 131-133, 137.

(收稿日期: 2022-06-08 修回日期: 2022-08-13)