

超声射频信号分析评价健康成人颈总动脉结构及功能的研究

秦川 魏亚巧 朱小燕

摘要 **目的** 应用超声射频信号的血管内-中膜分析技术(QIMT)、血管硬度定量分析技术(QAS)评价健康成人颈总动脉的结构及功能。**方法** 选取360例健康成人,根据年龄分为青年组(20~39岁)、中年组(>39~59岁)和老年组(>59~79岁),每组均为120例,分别应用QIMT技术测量各组双侧颈总动脉内-中膜厚度(IMT),QAS技术测量双侧颈总动脉的弹性参数,包括扩张系数(DC)、顺应性系数(CC)、僵硬度指数(α 、 β)、脉搏波传导速度(PWV)。获取受检者一般资料和实验室生化指标,包括:空腹血糖(FBG)、血清总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白(HDL-C)和低密度脂蛋白(LDL-C),比较上述各参数在颈总动脉不同侧别、不同性别及不同年龄间的差异。分析颈总动脉结构及弹性功能参数与一般资料、实验室指标的相关性。**结果** ①颈总动脉左、右两侧间的QIMT和QAS参数比较,差异均无统计学意义。②男性颈总动脉DC高于女性,差异有统计学意义($P<0.05$)。③青年组、中年组、老年组的IMT依次增厚,DC依次减小,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$);与青年组比较,中年组和老年组的CC减低, α 、 β 及PWV增加,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。相关性分析结果显示:IMT与LDL呈正相关($r=0.396, P<0.05$);DC与HDL、LDL均相关($r=0.452, -0.354$, 均 $P<0.05$);CC与年龄、HDL、LDL均相关($r=-0.378, 0.422, -0.382$, 均 $P<0.05$),PWV与HDL、LDL均相关($r=-0.467, 0.353$, 均 $P<0.05$)。**结论** 应用超声射频信号技术可发现健康成人颈总动脉的结构及功能随年龄、性别变化存在差异。

关键词 超声检查,多普勒,彩色;颈总动脉;弹性;内-中膜厚度

[中图法分类号]R445.1

[文献标识码]A

Evaluation of common carotid arterial function and structure in healthy adults by ultrasound radio frequency data technology

QIN Chuan, WEI Yaqiao, ZHU Xiaoyan

Department of Ultrasound, Karamay Central Hospital of Xinjiang, Xinjiang Uygour Autonomous Region 834000, China

ABSTRACT **Objective** To evaluate common carotid arterial structure and function in healthy adults by quality intima-media thickness (QIMT) and quantitative artery stiffness (QAS). **Methods** A total of 360 subjects were divided into 3 groups according to age: young group (20~39 years old), middle-age group (>39~59 years old) and aged group (>59~79 years old), 120 subjects in each group. The bilateral common carotids arterial intima-media thickness (IMT) and the elasticity parameters were respectively measured by QIMT and QAS. The distention coefficient (DC), the compliance coefficient (CC), the stiffness parameter (α , β) and the pulse wave velocity (PWV) were analyzed. General information and laboratory biochemical indicators were obtained, including fasting blood glucose (FBG), serum total cholesterol (TC), triglyceride (TG), high-density lipoprotein (HDL-C) and low-density lipoprotein (LDL-C). The results of parameters among bilateral carotids, different genders and different ages were compared. **Results** ① There were no statistically significant differences in the IMT, DC, CC, α , β and PWV of bilateral common carotids. ② The DC of male was higher than that of female, and there were statistically significant differences ($P<0.05$). ③ The IMT was increased with DC values decreasing from young group to middle-age group and aged group. Compared with young group, the CC was decreased with the α , β and PWV values increasing in middle-age group and aged group (all $P<0.05$). Correlation analysis showed that IMT was positively correlated with LDL ($r=0.396, P<0.05$). DC was correlated with HDL and LDL ($r=0.452, -0.354$, all $P<0.05$). CC was correlated with age, HDL and LDL ($r=-0.378, 0.422,$

-0.382, all $P < 0.05$), PWV was correlated with HDL and LDL ($r = -0.467, 0.353$, all $P < 0.05$). **Conclusion** Age and gender have influences in structure and function of common carotid artery in healthy adults.

KEY WORDS Ultrasonography, Doppler, color; Carotid artery; Elasticity; Intima-media thickness

心脑血管疾病严重威胁人类的健康,其中动脉内-中膜厚度(intima-media thickness, IMT)及弹性功能是其早期、敏感的危险因素,对心脑血管疾病的一级预防有着重要的意义^[1]。研究^[2]显示,随着年龄增加,动脉IMT、僵硬度、压力感受器的敏感度、激素调节和血容量分布等均发生改变。各影响因素对颈总动脉左右两侧、不同性别及不同年龄IMT和僵硬度影响的权重存在差异。血管内-中膜分析(quality intima-media thickness, QIMT)技术和血管硬度定量(quality arterial stiffness, QAS)技术基于超声射频信号技术,常用于测量动脉IMT和弹性功能^[3]。本研究应用超声射频信号技术测量健康成人颈总动脉结构和功能的相关参数,分析其在颈总动脉左右两侧、不同性别及不同年龄之间的差异。

资料与方法

一、研究对象

选取 2019 年 1~10 月我院体检中心健康体检者 360 例,男 180 例,女 180 例,年龄 20~79 岁,平均(51.26±12.13)岁。根据年龄分组:青年组(20~39岁)、中年组(>39~59岁)和老年组(>59~79岁),每组均为 120 例,男女各 60 例。均为汉族,均无高血压病、糖尿病、肥胖、高脂血症、心血管疾病史,无冠状动脉粥样硬化性心脏病家族史,无烟酒不良嗜好。本研究经我院医学伦理委员会批准,入选者均自愿参加并签署知情同意书。

二、仪器与方法

1. 一般资料和实验室指标获取:受检者禁食 12 h,早晨空腹测量身高、体质量、腰围、臀围、血压等,并计算体质量指数(BMI)。取坐位采静脉血,使用全自动生化分析仪检测实验室指标,包括:空腹血糖(FBG)、血清总胆固醇(TC)、甘油三酯(TG)、高密度脂蛋白(HDL-C)和低密度脂蛋白(LDL-C)。

2. 超声检查:使用百胜 MyLab Class C 彩色多普勒超声诊断仪,LA523 血管探头,频率 5~13 MHz;配备超声射频信号技术,内置 QIMT 和 QAS 数字化系统分析软件。受检者取平卧位,分别于心尖四腔观和心尖两腔观测量左室舒张末期内径和收缩末期内径, Simpson 法获得左室射血分数(LVEF)。血管超声检查均由同一具有 10 余年工作经验并接受过血管检查培训的超声医师完成。常规超声检查获取颈总动脉长轴切面,

遇到斑块占位则避开斑块选取感兴趣区。调整探头以清晰显示血管前、后壁的中外膜,保证二维超声束与动脉壁垂直,启用 QIMT 技术,将参考线放置在颈动脉膨大处,取距此参考线 1 cm 以远颈总动脉作为感兴趣区,长度 15 mm,于感兴趣区内放置 QIMT,在 6 个心动周期内的高质量图像中系统将自动计算得到颈总动脉 IMT 数值,随后在 SD 值≤15 后冻结取其平均值^[4]。然后启动 QAS 功能,放置 QAS 于感兴趣区内,系统自动定量检测 6 个心动周期颈总动脉的弹性参数,包括扩张系数(DC)、顺应性系数(CC)、僵硬度指数(α 、 β)、脉搏波传导速度(PWV),取平均值作为最终动脉弹性指标值^[5]。

三、统计学处理

应用 SPSS 17.0 统计软件。计量资料经以 $\bar{x} \pm s$ 表示,配对资料比较行配对 t 检验,多组间比较行 ANOVA 检验,组间两两比较行 LSD- t 检验。相关性分析采用 Pearson 相关分析法。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

结 果

一、各组一般资料和实验室指标比较

各组一般资料和实验室指标比较见表 1。三组间年龄、BMI、腰围、臀围、TG、TC、LDL 比较,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。与青年组比较,中年组和老年组年龄、BMI、腰围、臀围、TG、TC、LDL 均增加;与中年组比较,老年组年龄、腰围、臀围、TG、TC 均增加,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$)。

二、双侧颈总动脉 IMT 及各弹性参数比较

健康成人左、右侧颈总动脉 IMT、DC、CC、 α 、 β 及 PWV 比较,差异均无统计学意义。见表 2。

三、不同性别间颈总动脉 IMT 及各弹性参数比较

健康成人女性 DC 低于男性,差异有统计学意义($P < 0.05$);余参数比较,差异均无统计意义,见表 3。

四、不同年龄间颈总动脉 IMT 及各弹性参数比较

与青年组比较,中年组和老年组 IMT、 α 、 β 及 PWV 测值均显著增加,DC、CC 测值均显著减少,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$);与中年组比较,老年组 IMT 测值显著增加,DC 测值显著减小,差异均有统计学意义(均 $P < 0.05$),见图 1, 2 和表 4。

表1 各组一般资料、实验室指标和左室射血分数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	年龄(岁)	BMI(kg/m ²)	腰围(cm)	臀围(cm)	收缩压(mm Hg)	舒张压(mm Hg)
青年组(120)	31.34±12.13	22.81±3.91	78.45±6.87	88.56±7.89	110.72±11.78	74.12±8.14
中年组(120)	53.67±11.78*	24.54±3.26*	85.21±7.49*	96.56±7.12*	116.35±13.55	79.01±12.12
老年组(120)	69.43±13.65* [△]	25.37±3.63*	93.73±8.13* [△]	103.72±7.93* [△]	120.53±16.33	82.22±14.72
<i>t</i> 值	20.231	16.898	11.799	12.908	1.673	1.207
<i>P</i> 值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.421	0.556
组别	FBG(mmol/L)	TG(mmol/L)	TC(mmol/L)	HDL(mmol/L)	LDL(mmol/L)	LVEF(%)
青年组(120)	4.67±1.43	1.78±1.05	3.95±1.07	0.93±0.45	2.52±0.88	59.21±9.58
中年组(120)	4.95±1.35	2.23±1.67*	4.41±1.13*	0.81±0.49	2.81±0.71*	57.47±10.12
老年组(120)	5.22±1.58	2.76±1.57* [△]	4.85±1.24* [△]	0.73±0.48	2.89±0.94*	56.19±8.38
<i>t</i> 值	2.453	45.016	33.694	4.586	39.653	0.918
<i>P</i> 值	0.321	0.000	0.000	0.232	0.000	0.869

与青年组比较,**P*<0.05;与中年组比较,[△]*P*<0.05; BMI:体质量指数;FBG:空腹血糖;TG:甘油三酯;TC:总胆固醇;HDL:高密度脂蛋白;LCL:低密度脂蛋白;LVEF:左室射血分数。1 mm Hg=0.133 kPa

表2 健康成人双侧颈总动脉IMT及各弹性参数比较($\bar{x}\pm s$)

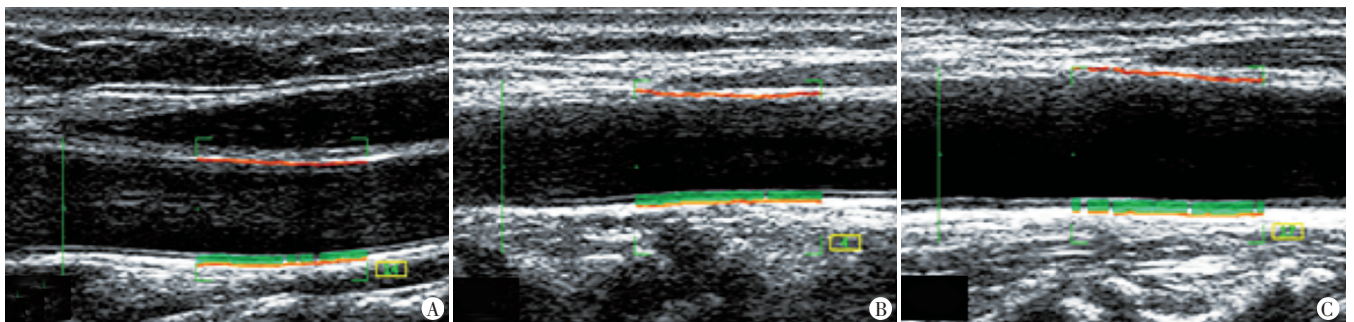
侧别	IMT(μm)	DC(mm ² /kPa)	CC(mm ² /kPa)	α	β	PWV(m/s)
左侧(360)	544.14±117.34	0.026±0.012	0.946±0.365	4.474±2.365	8.584±4.343	6.355±1.523
右侧(360)	531.83±114.36	0.029±0.015	1.046±0.475	4.612±2.558	8.712±4.447	6.846±1.734
<i>t</i> 值	0.478	0.926	1.683	0.198	0.467	1.423
<i>P</i> 值	0.633	0.388	0.109	0.832	0.642	0.164

IMT:内-中膜厚度;DC:扩张系数;CC:顺应性系数;α、β:僵硬度指数;PWV:脉搏波传导速度

表3 健康成人不同性别间颈总动脉IMT及各弹性参数比较($\bar{x}\pm s$)

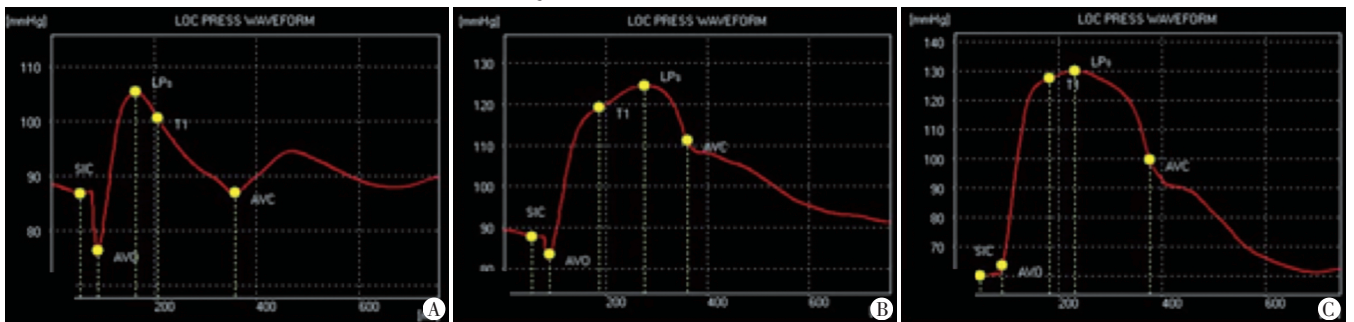
性别	IMT(μm)	DC(mm ² /kPa)	CC(mm ² /kPa)	α	β	PWV(m/s)
男(180)	556.43±125.46	0.032±0.017	1.034±0.463	4.742±2.634	8.623±4.534	6.874±1.734
女(180)	522.24±111.21	0.026±0.013	0.905±0.352	4.446±2.342	8.756±4.564	6.647±1.741
<i>t</i> 值	1.877	1.963	1.421	0.766	0.058	0.511
<i>P</i> 值	0.062	0.037	0.157	0.449	0.976	0.613

IMT:内-中膜厚度;DC:扩张系数;CC:顺应性系数;α、β:僵硬度指数;PWV:脉搏波传导速度



A: 青年组IMT为489.73 μm; B: 中年组IMT为558.34 μm; C: 老年组IMT为634.56 μm

图1 QIMT技术定量检测各组颈总动脉IMT



D: 青年组; E: 中年组; F: 老年组

图2 QAS技术定量检测各组颈总动脉各弹性参数

表4 各组颈总动脉IMT及各弹性参数比较($\bar{x}\pm s$)

组别	IMT(μm)	DC(mm^2/kPa)	CC(mm^2/kPa)	α	β	PWV(m/s)
青年组(120)	488.31±111.42	0.038±0.065	1.201±0.556	2.778±1.635	5.231±2.564	5.465±1.633
中年组(120)	563.32±139.58*	0.027±0.036*	0.991±0.456*	4.671±2.376*	9.623±4.123*	7.276±1.786*
老年组(120)	647.13±163.73* [△]	0.018±0.024* [△]	0.816±0.326*	5.336±2.567*	10.954±5.342*	7.643±2.342*
F值	29.236	75.523	31.232	35.782	45.365	20.316
P值	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

与青年组比较,* $P<0.05$;与中年组比较,[△] $P<0.05$;IMT:内-中膜厚度;DC:扩张系数;CC:顺应性系数; α 、 β :僵硬指数;PWV:脉搏波传导速度

五、颈总动脉结构及弹性功能参数与一般资料的相关性分析

相关性分析结果显示,IMT与LDL呈正相关($r=0.396$, $P<0.05$);DC与HDL、LDL均相关($r=0.452$ 、 -0.354 ,均 $P<0.05$);CC与年龄、HDL、LDL均相关($r=-0.378$ 、 0.422 、 -0.382 ,均 $P<0.05$),PWV与HDL、LDL均相关($r=-0.467$ 、 0.353 ,均 $P<0.05$)。见表5。

表5 健康成人颈总动脉结构和弹性功能参数与一般资料的相关性分析

指标	IMT	DC	CC	α	β	PWV
年龄(岁)	0.053	-0.082	-0.378*	0.115	0.074	0.068
BMI(kg/m^2)	0.076	-0.083	-0.124	0.085	0.073	0.088
腰围(cm)	0.063	-0.112	-0.156	0.141	0.126	0.142
臀围(cm)	0.083	-0.064	-0.185	0.094	0.074	0.069
收缩压(mm Hg)	0.063	-0.089	-0.103	0.161	0.156	0.104
舒张压(mm Hg)	0.089	-0.065	-0.105	0.092	0.097	0.107
LVEF(%)	-0.086	0.093	0.124	-0.126	-0.145	-0.165
FBG(mmol/L)	0.091	-0.057	-0.079	0.073	0.066	0.097
TG(mmol/L)	0.085	-0.123	-0.074	0.143	0.126	0.112
TC(mmol/L)	0.079	0.068	-0.058	-0.062	0.095	0.103
HDL(mmol/L)	-0.168	0.452*	0.422*	-0.156	-0.146	-0.467*
LDL(mmol/L)	0.396*	-0.354*	-0.382*	0.133	0.143	0.353*

*示 $P<0.05$ 。IMT:内-中膜厚度;DC:扩张系数;CC:顺应性系数; α 、 β :僵硬指数;PWV:脉搏波传导速度;BMI:体质量指数;LVEF:左室射血分数;FBG:空腹血糖;TG:甘油三酯;TC:总胆固醇;HDL:高密度脂蛋白;LDL:低密度脂蛋白。1 mm Hg=0.133 kPa

讨 论

动脉IMT增厚和僵硬度的增加是动脉衰老的病理生理现象,其不但是早期动脉硬化的标志,还是随访、评估、干预治疗血管病变的重要指标^[6]。常规超声检测颈总动脉IMT主要依靠操作者经验和主观判断,由于采取手工单点测量方式,导致测量结果误差较大、精度较低和重复性较差。超声射频信号技术可自动、定量、准确检测颈总动脉结构和功能的改变,具有准确性高、操作简便、重复性好及无创的特点^[7]。通过接收完整的射频信号,QIMT和QAS技术可以实时、定量检测血管IMT和弹性参数,在15 mm可调的范围内于

血管长轴进行超过10次的测量然后求取平均值,持续测量连续6个心动周期,最后得到的数据可达微米级精度,2次连续进行的测量仅有3%的误差^[8]。

研究^[8]证实,血管结构与功能受损的严重程度和危险因素的数量相关。本研究结果显示,与青年组比较,中年组和老年组年龄、BMI、腰围、臀围、TG、TC、LDL测值均增加;与中年组比较,老年组年龄、腰围、臀围、TG、TC测值均增加,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$)。相关性分析结果显示:IMT与LDL呈负相关;DC与HDL呈正相关,与LDL呈负相关;CC与年龄、LDL呈负相关,与HDL呈正相关;PWV与HDL呈负相关,与LDL呈正相关。由此可见,危险因素随年龄的变化会影响血管的结构和功能变化,表现为血管僵硬增大、弹性减低,提示QIMT和QAS技术所测参数可用于早期血管改变与危险因素关联的研究^[9]。

本研究结果还发现健康成人男性颈总动脉的DC高于女性,青年组、中年组、老年组IMT依次增厚,DC依次减小;中年组和老年组CC较青年组减低, α 、 β 及PWV增加,差异均有统计学意义(均 $P<0.05$),说明IMT和各弹性参数受性别、年龄因素影响而呈现不平行性。原因可能是颈总动脉受神经内分泌激素水平特别是雌激素水平的影响明显^[10-11]。随年龄增加,动脉僵硬显著增加,提示随着年龄的增加,虽然无其他基础疾病因素的影响,但其血管壁结构及功能已经发生改变,因此可以认为,应用QIMT和QAS技术能够更准确地检出早期颈总动脉IMT及僵硬增加,进而评估动脉硬化的程度,有助于临床重视调控加速血管硬化的影响因素,控制血管硬化的速度。研究^[12]表明,血糖、血压、血脂等不同程度增高时,颈总动脉IMT及动脉僵硬显著增加,而心、脑血管疾病的发生与动脉硬化密不可分,因此准确评估颈总动脉结构及功能对于临床进行动脉硬化相关性疾病的早期防治有重要意义。

双侧颈总动脉解剖起源不同,已有研究^[13]发现血管动力学参数、年龄、性别、血脂、血糖等因素对左、右颈总动脉可产生不同的影响,右侧IMT与压力因素、左

侧IMT与实验室指标分别具有较强的相关性。另有研究^[14]认为压力和实验室指标对双侧IMT的影响结果一致。本研究结果表明,健康成人双侧颈总动脉IMT及各弹性参数比较差异均无统计学意义。原因可能是压力和实验室指标等因素对新疆地区健康成人双侧颈总动脉IMT及弹性功能的影响结果一致。

本研究所有入选研究对象饮食结构、饮食习惯及生活习惯相似,且排除了高血压病、糖尿病、肥胖、高脂血症、吸烟等心血管疾病危险因素的影响,所得结果更加可靠,表明QIMT和QAS技术检测动脉硬化早期准确度高。但本研究仍有一定的局限性:①属于单中心研究,难以判断因果关联;②研究对象仅为新疆地区居民,限制了研究结果的外推性;③未对非健康患者进行详细分类和比较分析。

综上所述,超声射频信号技术为临床评估血管病变提供了量化指标,能准确反映血管的早期病变,减少操作差异等干扰,获得更全面数据,有望在今后研究双侧颈总动脉结构与功能差异方面发挥作用。

参考文献

- [1] Zanolli L, Lentini P, Briet M, et al. Arterial stiffness in the heart disease of CKD[J]. J Am Soc Nephrol, 2019, 30(6): 918-928.
- [2] Holwerda SW, Luehrs RE, DuBose LE, et al. Sex and age differences in the association between sympathetic outflow and central elastic artery wall thickness in humans[J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2019, 317(3): 552-560.
- [3] Wu Y, Xie M, Zhang L, et al. Carotid intima-media roughness and elasticity in hypertensive patients with normal carotid intima-media thickness[J]. J Ultrasound Med, 2019, 38(6): 1545-1552.
- [4] Morrison KM, Dyal L, Conner W, et al. Cardiovascular risk factors and non-invasive assessment of subclinical atherosclerosis in youth[J]. Atherosclerosis, 2010, 208(2): 501-505.
- [5] 丹海俊, 吴月娥, 郭艾楠, 等. 射频数据处理技术早期评估2型糖尿病患者颈总动脉硬化[J]. 中华超声影像学杂志, 2019, 28(8): 720-722.
- [6] Ozisler C, Kaplanoglu H. Evaluation of subclinical atherosclerosis by ultrasound radiofrequency data technology in patients with primary Sjögren's syndrome[J]. Clin Rheumatol, 2019, 38(3): 709-717.
- [7] Novo G, Di Miceli R, Novo S. Is local stiffness, as measured by radio frequency, more sensitive than intima-media thickness? [J]. Int Angiol, 2013, 2(6): 575-580.
- [8] Ikonomidis I, Makavos G, Lekakis J. Arterial stiffness and coronary artery disease[J]. Curr Opin Cardiol, 2015, 30(4): 422-431.
- [9] Vriz O, Magne J, Driussi C, et al. Comparison of arterial stiffness/compliance in the ascending aorta and common carotid artery in healthy subjects and its impact on left ventricular structure and function[J]. Int J Cardiovasc Imaging, 2017, 33(4): 521-531.
- [10] Castellon X, Bogdanova V. Chronic inflammatory diseases and endothelial dysfunction[J]. Aging Dis, 2016, 7(1): 81-89.
- [11] Morisawa T, Nakagomi A, Kohashi K, et al. Osteoprotegerin is associated with endothelial function and predicts early carotid atherosclerosis in patients with coronary artery disease[J]. Int Heart J, 2015, 56(6): 605-612.
- [12] Vanoli D, Lindqvist P, Wiklund U, et al. Fully automated on-screen carotid intima-media thickness measurement: a screening tool for subclinical atherosclerosis [J]. J Clin Ultrasound, 2013, 41(6): 333-339.
- [13] Di Geso L, Zardi EM, Afeltra A, et al. Comparison between conventional and automated software-guided ultrasound assessment of bilateral common carotids intima-media thickness in patients with rheumatic diseases[J]. Clin Rheumatol, 2012, 31(5): 881-884.
- [14] Ozisler C, Kaplanoglu H. Evaluation of subclinical atherosclerosis by ultrasound radiofrequency data technology in patients with primary Sjögren's syndrome[J]. Clin Rheumatol, 2019, 38(3): 709-717.

(收稿日期: 2020-03-07)

《临床超声医学杂志》征订启事

《临床超声医学杂志》是经国家科委批准,集超声影像诊断、治疗、工程及基础研究为一体的科技刊物。国内外公开发行,月刊。为“中国科学引文数据库(CSCD)来源期刊”、“中国科技论文统计源期刊”、“中国科技核心期刊”。设有临床研究、实验研究、综述、经验交流、临床报道、病例报道、述评、专家讲座、工程技术及译文等栏目,以各级超声医学工作者、相关临床专业医师及医学院校师生为主要读者对象。

本刊刊号:ISSN 1008-6978;CN 50-1116/R;邮发代号 78-116。

每期定价:19元,全年228元(含邮寄费)。请到全国各地邮局订阅,也可直接向本刊编辑部订阅。

地址:重庆市渝中区临江路74号,重庆医科大学附属第二医院内,临床超声医学杂志编辑部。邮编:400010

电话:023-63811304 023-63693117 Email: lccsq@vip.163.com