

doi: 10.13241/j.cnki.pmb.2019.15.043

## · 专论与综述 ·

## 超声心动图评价左房形态和功能的临床应用进展\*

刘 勤 庞家华 张 敏 洪俊蓉 陆怡朴

(南京中医药大学第三附属医院心功能科 江苏 南京 210029)

**摘要:**左房形态和功能既可反映机体的生理状态,也可反映其病理状态,左房形态和功能异常改变是冠心病、高血压、心血管硬化、中风等诸多心血管疾病的早期表现之一,是心血管死亡、心肌梗死、卒中、心力衰竭等不良心血管事件的危险因素之一,与这类疾病的预后密切相关,因而准确、有效评估左房形态和功能在不良心血管事件的诊疗及预后评估中意义重大。采用超声心动图评价左房形态和功能具有无创、实时高效、价格低廉及可重复性高等优点,临床上应用非常广泛。随着超声技术的进步,除二维超声心动图、彩色多普勒超声心动图等常规超声技术外,组织多普勒显像(TDI)技术、由TDI派生出来的应变及应率显像技术、实时三维超声心动图(RT-3DE)、二维斑点追踪成像(2D-STI)技术、三维斑点追踪成像(3D-STI)技术等新型超声技术也逐渐应用于左房形态、功能的评价中,然而不同的超声技术评价左房形态和功能仍有一定的不足之处,本研究就不同超声心动图评价左房形态和功能的临床应用及研究进展进行综述。

**关键词:**超声心动图;左房;形态;功能;临床应用

**中图分类号:**R540.45;R322.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1673-6273(2019)15-2989-04

## Clinical Application of Echocardiography in Evaluating Left Atrial Morphology and Function\*

LIU Qin, PANG Jia-hua, ZHANG Min, HONG Jun-rong, LU Yi-pu

(Department of Cardiac Function, The Third Affiliated Hospital of Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing, Jiangsu, 210029, China)

**ABSTRACT:** The morphology and function of the left atrium can not only reflect the physiological state of the body, but also reflect the pathological state. The abnormal changes of the left atrial form and function are one of the early manifestations of coronary heart disease, hypertension, cardiovascular sclerosis, stroke and many other cardiovascular diseases. They are one of the risk factors of cardiovascular death, myocardial infarction, stroke, heart failure and other adverse cardiovascular events and are closely related to the prognosis of these diseases, therefore, accurately and effectively assessing the morphology and function of the left atrial is of great significance in the diagnosis, treatment and prognosis of adverse cardiovascular events. Echocardiographic assessment of left atrial morphology and function has the advantages of noninvasive, real-time, high efficiency, low cost and high repeatability and it is widely used in clinical practice. With the progress of ultrasonic technology, in addition to two-dimensional echocardiography, color Doppler echocardiography and conventional ultrasound technology, the tissue Doppler imaging (TDI), strain and stress imaging derived from TDI, real-time three dimensional echocardiography (RT-3DE), 2D-speckle speckle tracking imaging (2D-STI), 3D-speckle tracking imaging (3D-STI) and other new ultrasound techniques are gradually applied to the evaluation of left atrial morphology and function. However, there are still some deficiencies in the evaluation of left atrial morphology and function by different ultrasound techniques. This study reviews the clinical application and research progress of different echocardiographic evaluation of left atrial morphology and function.

**Key words:** Echocardiography; Left atrium; Morphology; Function; Clinical application

**Chinese Library Classification(CLC):** R540.45; R322.11 **Document code:** A

**Article ID:** 1673-6273(2019)15-2989-04

## 前言

左房即左心房,位于右心房的左后方,左房主要有储存、管道及辅泵三个主要功能。储存功能即左房储存由非静脉流回的血液;左房的管道功能即左房作为连通肺静脉与左室的通道;左房的辅泵功能即左房主动收缩时将血液泵入左室,起到辅泵

的作用<sup>[1]</sup>。在正常生理情况下,心房舒张晚期左房主动收缩对心室充盈的贡献约25%,心室充盈的主要来源于舒张期心室肌舒张所产生的抽吸力,当心室功能发生病理改变时机体为了确保心输出量保证机体的正常活动,左房需以代偿性做工来弥补心室充盈不足,左房长期超负荷做工会引起左房形态发生病理改变<sup>[2,3]</sup>。因此,准确有效评估左房的形态和功能具有重大意义。目

\* 基金项目:江苏省中医药局科技基金项目(LZ15364)

作者简介:刘勤(1976-),女,本科,主治医师,从事心功能方面的研究,E-mail: oqbbbd@163.com

(收稿日期:2018-11-30 接受日期:2018-12-27)

前临床上评估左房形态和功能的方法主要有超声心动图、心脏 CT 及心脏 MRI。既往研究<sup>[45]</sup>表明,较心脏 CT 及心脏 MRI 而言,采用二维超声心动图测量左房大小,测量值可能会小于左房的实际大小。然而,超声心动图检查可早期发现左房形态变化,操作过程简便易行、测量结果的可重复性高,是一种无创检查方法,这些优势加上各种新兴超声技术的问世及临床应用普及,超声仍是临床评价左房形态及功能的首选方法<sup>[6]</sup>。各种超声技术评价左房形态和功能虽然优势明显,但也有一些不足之处,本研究以不同超声技术评价左房形态和功能的优劣为重点,对其临床应用及研究进展进行综述。

## 1 二维超声心动图评估左房形态和功能

### 1.1 左房内径

目前,临床上评价左房内径最主要的指标是测量左房前后径和上下径,该方法操作简便、快捷,可直观检测心动周期内收缩期和舒张期内径的变化。既往多数研究及临床上对左房内径的测量通常是基于左房形态为球形的几何假设,但左房的实际形态并不规则,略呈锥形,并没有自然的长轴或短轴。所以,通过测量左房内径并不能准确评估左房的大小及形态。刘佳、Schmidlin 等人<sup>[78]</sup>的研究表明,二维超声心动图检查虽能早期发现左房形态变化,但测量值可能会低估左房的大小。由此可见,通过超声测量左房内径评估左房形态存在一定的局限,左房内径并不是评价左房形态及大小的最理想指标。

### 1.2 左房容积

左房容积与诸多心血管疾病的发病率及预后密切相关,左房容积异常增可以作为心房颤动、心力衰竭、中风等心血管疾病及不良心血管事件的独立危险因素<sup>[9,10]</sup>。在心动周期内,左房容积是不断变化的,临床上通常采用二维超声获取左房最大径来衡量左房容积。测量左房容积的另一种方法是美国超声心动图协会推荐的“双平面面积-长度法”<sup>[11]</sup>。左房最大容积、最小容积、收缩时容积可用来描述左房三期功能,依次出现在二尖瓣刚好开放前、二尖瓣关闭时和心电图 P 波开始时,由此可进一步推算出左房总排空容积、主动排空容积、传导容积等动力学容积及左房射血分数。有学者<sup>[12,13]</sup>认为,左房最小容积增加和左房射血分数降低是左室舒张末期压力升高的最佳标志。然而,左房容积的测量结果会受到受试者性别、年龄、身高及体质量指数等诸多因素的影响,正常人左房前后径的个体差异较大,所以左房容积也不是评估左房形态的最佳指标。

### 1.3 左房容积指数

为了克服正常人左房容积个体化差异带来的影响,有学者提出将左房常规超声指标与体表面积进行标化,得到左房构型新指标,这些指标包括左房内径指数、左房面积指数和左房容积指数,并证实左房容积指数可以明显缩小个性化差异因素(性别、年龄、身高等)带来的影响,并且变异系数较小,稳定性更理想,是评估左房大小的理想指标<sup>[14,15]</sup>。陆夏敏等人<sup>[16]</sup>的研究也证实,较左房内径、左房容积等常规超声指标而言,左房容积指数可更广泛的应用于临床评价左室舒张功能。

## 2 常规超声技术评估左房形态和功能

### 2.1 二尖瓣口血流频谱

二尖瓣口血流频谱即采用脉冲多普勒超声技术在心尖四腔切面获取二尖瓣口血流速度,正常人显示为狭窄双峰正向频谱,E 峰是左室快速充盈所引起,代表左房收缩期间左室充盈百分比,出现在左室舒张期,代表左房收缩期功能,A 峰消失表明左房的辅泵功能消失。关于二尖瓣口血流频谱评价左房功能的研究较少,特别是国内的研究报告更为罕见,其原因应该是该技术临床上应用较少,国外学者 Samaan 等的研究<sup>[17]</sup>认为,二尖瓣口血流频谱可评估心衰患者左房功能,该技术与二尖瓣组织运动情况结合的评估左房形态及跟你的效果更准确。然而,这种方法的测量结果易受到受试者年龄、心率及负荷条件的影响,产生较大的误差,因此该方法虽能一定程度上反应左房功能,但局限较明显,不是很理想的方法。

### 2.2 肺静脉血流频谱

肺静脉血流频谱的原理与二尖瓣口血流频谱的原理类似,即采用脉冲多普勒超声测量肺静脉血流水平并记录反应左房存储、管道及辅泵功能的相应指标(及收缩期、舒张期和左房逆转波峰)。李静等人<sup>[18]</sup>的研究认为,肺静脉血流频谱形态的改变能反映胎儿心功能的不良情况并预测胎儿发生不良预后的风险。然而,肺静脉血流频谱参数依赖于左室舒张能力,易受心肌顺应性、负荷情况及房室间压差等多种因素的影响,肺静脉血流情况实际上是由多种血流动力学共同作用的结果,并不是左房射血这一单因素的结果,所以通过肺静脉血流频谱很难反应出真实的左房功能情况;且左房逆转波的增加所反映的不是左房压力增加,而是左室舒张末期压力增加,所以肺静脉血流频谱无法有效评估左房辅泵功能。故而,肺静脉血流频谱评估左房的功能意义有限。

### 2.3 左房射血力

左房射血力即左室舒张晚期左房主动收缩推动血液进入心室的作用力,随着对超声技术的深入研究,左房射血力的计算公式已经成熟,即左房射血力 =  $0.5 \times 1.06 \times$  二尖瓣口面积 \* A 峰峰值速度。该指标既考虑到泵血加速度又考虑到泵血量,能直观、全面评价左房的收缩功能。Worley 等人<sup>[19]</sup>认为左房射血力能够有效评估左房功能。然而,左房射血力虽能很好地评估左房功能,但这一指标评价左房功能的稳定性、重复性及增加价值的研究较少,特别是缺乏与左房容积、左房容积指数等常规指标的对比研究。

## 3 超声新技术评估左房形态和功能

### 3.1 组织多普勒显像(Tissue Doppler imaging, TDI)技术

TDI 技术是以彩色编码或频谱图实时显示组织运动速度的成像技术,主要有速度图、加速度图和能量图三种显示方式,可定量评价局部心肌运动速度、方向及增厚程度。临床上在采用 TDI 评价左房功能以二尖瓣环速度曲线最为常用,二尖瓣环速度曲线上的 E 峰(舒张早期)、A 峰(舒张晚期)和 S 峰(收缩期)分别反映左房管道、辅泵及储存功能。Ziółkowska 等人<sup>[20]</sup>的研究显示,与 MRI 比较,TDI 技术是检测肥厚型心肌病和心肌纤维化患儿左室舒张功能障碍的有效工具。Ghandi 等人<sup>[21]</sup>认为,TDI 是评价左房功能的有效方法之一,无高血压肥胖儿童与亚临床高血压肥胖儿童收缩性和舒张性心功能不全有关,因此建议在所有没有高血压的肥胖儿童中,使用 TDI 评价血压和

心肌的表现。刘言等人<sup>[22]</sup>的研究表明,TDI能有效反映完全性左束支传导阻滞心房同步情况。

由此可见,TDI技术是评估左房形态和功能较理想的方法,可以评价心脏整体、左房各节段功能,可以为术前诊断、术式选择及预后提供丰富的参考信息。但需要注意的是,采用TDI评估左房功能时,声束方向和室壁运动方向的夹角、心动周期中心脏的整体移位及邻近脏器牵拉等因素会对测量值产生影响,临床应用时需要注意规避。

近年来,由TDI技术派生的应变和应变率成像技术也逐渐被应用于左房功能的评价中,该技术对图像质量要求不高,且具有高时间分辨率。应变即在外力作用下物体发生相对变性,可反映出心肌发生形变放入程度;应变率即物体在单位时间内的应变率,可反映心肌发生形变的速度,二者是一种可靠的、全面的可定量评价局部心肌功能的新型技术。朱梦若等人<sup>[23]</sup>的研究表明,应变和应变率成像技术可有效评价阵发性心房颤动患者左房功能。

### 3.2 二维、三维斑点追踪成像

二维斑点追踪成像(2D-speckle tracking imaging, 2D-STI)技术的原理是在心动周期中根据组织灰阶自动跟踪感兴趣区域不同像素的心肌组织在每一帧图像中的位置(追踪心肌内斑点回声运动),并能与上一帧图像进行比较(即重叠、运算),计算得出感兴趣区域内各阶段心肌形变情况,可定性描述,也可定量测算,具有较高的空间分辨率,对外来的干扰信号不敏感,较TDI而言重复性更好、更简便可行,且检测的准确度高。Barros-Gomes等人<sup>[24]</sup>将2D-STI与常规超声心动图及其他临床指标进行了对比研究,发现2D-STI评估左房功能的价值远远超过常规超声心动图及其他临床指标,且2D-STI还可以用于预测临床疗效,指导疾病治疗。但2D-STI技术也存在一些缺陷,即操作过程中可能会出现斑点丢失情况,导致测量结果产生较大的误差。

三维斑点追踪成像(3D-speckle tracking imaging, 3D-STI)技术通过对心肌斑点的空间三维运动进行追踪(在全容积状态下追踪),可定性描述和定量分析局部及整体心肌的应变情况,这样就有效避免了2D-STI技术可能出现斑点丢失情况,弥补了2D-STI技术上的缺陷。既往临床及研究领域,3D-STI技术主要用于评价左室功能和同步性。Furukawa等<sup>[25]</sup>人采用3D-STI技术评价高血压合并阵发性心房颤动患者左房功能,并指出3D-STI技术是评价左房功能的有效方法。张远妹等人<sup>[26]</sup>的研究指出,3D-STI技术可作为早期评价左房功能不全的有效方法,该方法能反映左房心肌的运动形变情况,同时也能反映不同年龄段正常成人左房应变规律,如果结合左房射血分数使用,能更全面地评估左房的功能。3D-STI技术具有较高的时间和空间分辨率,能早期准确评价左房功能,可为临床诊疗、效果评价提供重要信息。

### 3.3 实时三维超声心动图(RT-3DE)评估左房形态和功能

RT-3DE通过提供心脏在心动周期中运动的立体影像,可从多角度、多方位及水平观察运动中的心脏结构变化,这是任何二维截面图像都无法比拟的,可观察到心脏结构及运动变化情况,可立体发射和接受数据,成像快且无运动伪影,不需要依赖于任何几何学假设,不仅可以显示心脏三维空间结构,还能对心脏进行三维空间上的准确定量。洪云等人<sup>[27]</sup>的研究证明,RT-3DE技术可以用于阵发性心房颤动患者左房容积参数

和功能参数的测定,对术后左房功能评价的效果理想,对预后具有很好的预测价值。Acikgoz等人<sup>[28]</sup>的研究发现,采用RT-3DE技术对心脏X综合征患者左房容积和功能进行检测,发现患者左房储存、管道及辅泵功能均发生病理改变。Yagmur等人<sup>[29]</sup>采用RT-3DE技术对肥胖患者左房功能进行评估,发现肥胖患者左房机械功能和容积受损,这可以作为肥胖患者亚临床心力衰竭的早期标志物。李靖等人<sup>[30]</sup>的研究也表明,RT-3DE技术可用于心肌梗死患者左房功能评价。由此可见,RT-3DE技术可以作为左房功能评估技术之一,与斑点追踪技术相比,RT-3DE技术更先进更科学,但相对的技术含量也较高,价格也更为昂贵,很难普及到所有医疗卫生机构。

## 4 超声心动图评估左房形态功能的不足及应用前景

二维超声心动图中,左房内径、左房容积评估左房形态及功能均存在一定的局限,并不能理想的对左房功能进行评估,相对而言,左房容积指数评估左房功能更准确更客观。常规超声技术中,二尖瓣口血流频谱受年龄、心率及负荷条件的影响,测量结果会产生较大的偏差;肺静脉血流频谱易受心肌顺应性、负荷情况及房室间压差等多种因素影响,且限制了评估左房辅泵功能的有效性;而左房射血力虽能直观、全面评价左房的收缩功能,但其稳定性、重复性及增加值等尚无法得到很好的证实,尚需进一步研究以丰富理论依据。TDI、2D-STI、3D-STI、RT-3DE均是新型的超声技术,虽有一定的不足,但均能较理想的反应左房的形态及功能,可为临床诊疗及预后评估提供相应的信息。随着超声技术的不断进展,超声声学定量技术、定量组织速度成像技术、内腔超声技术等不断问世,各项超声技术逐步得到临床应用并普及,定能为左房功能的评估做出贡献,应用前景广阔。

综上所述,超声技术具有无创、实时高效、实惠及可重复性高等优点,随着现代科学技术发展及超声科学技术的进步,各种新型超声技术必将广泛应用于心血管疾病的诊疗中,为定性描述及定量评价心脏整体及左房功能提供更为准确的方法。

### 参考文献(References)

- [1] Hassanin N, Alkemy A. Detection of Left Atrium Myopathy Using Two-Dimensional Speckle Tracking Echocardiography in Patients with End-Stage Renal Disease on Dialysis Therapy[J]. Echocardiography, 2016, 33(2): 233-241
- [2] Tadic M, Vukomanovic V, Cuspidi C, et al. Left atrial phasic function and heart rate variability in asymptomatic diabetic patients [J]. Acta Diabetol, 2017, 54(3): 301-308
- [3] Baggen VJM, Schut AW, Cuyper JAAE, et al. Prognostic value of left atrial size and function in adults with tetralogy of Fallot [J]. Int J Cardiol, 2017, 236(1): 125-131
- [4] 刘彦,何中,崔婷婷,等.超声心动图与CT在儿童复杂性先天性心脏病中的诊断价值[J].中国CT和MRI杂志,2016,14(11): 54-56
- [5] 尚晓娜,刘学梅,朱香妮,等.经胸壁超声心动图在先天性心脏病患者左心室功能评价中的应用价值[J].现代生物医学进展,2017,17(35): 6938-6941
- [6] Korsholm K, Jensen JM, Nielsenkudsk JE. Intracardiac Echocardiography From the Left Atrium for Procedural Guidance of Transcatheter Left Atrial Appendage Occlusion[J]. Jacc Cardiovasc Interv, 2017, 10(21): 2198-2206
- [7] 刘佳,吕秀章.二维及实时三维超声心动图测量阵发性心房颤动患

- 者左房容积的相关性研究 [J]. 临床超声医学杂志, 2017, 19(9): 610-613
- [8] Schmidlin D, Aschkenasy S, Vogt PR, et al. Left ventricular pressure-area relations as assessed by transoesophageal echocardiographic automated border detection: comparison with conductance catheter technique in cardiac surgical patients [J]. *Br J Anaesth*, 2017, 85(3): 379-388
- [9] Mancuso FJ, Moisés VA, Almeida DR, et al. Left Atrial Volume Determinants in Patients with Non-Ischemic Dilated Cardiomyopathy[J]. *Arq Bras Cardiol*, 2015, 105(1): 65-70
- [10] Rozenbaum Z, Granot Y, Turkeltaub P, et al. Very Small Left Atrial Volume as a Marker for Mortality in Patients Undergoing Nongated Computed Tomography Pulmonary Angiography [J]. *Cardiology*, 2018, 139(1): 62-69
- [11] Li SY, Zhang L, Zhao BW, et al. Two-dimensional tissue tracking: a novel echocardiographic technique to measure left atrial volume: comparison with biplane area length method and real time three-dimensional echocardiography [J]. *Echocardiography*, 2014, 31 (6): 716-726
- [12] Rabbat MG, Wilber D, Thomas K, et al. Left atrial volume assessment in atrial fibrillation using multimodality imaging: a comparison of echocardiography, invasive three-dimensional CARTO and cardiac magnetic resonance imaging [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2015, 31 (5): 1011-1018
- [13] Wandelt LK, Kowallick JT, Schuster A, et al. Quantification of left atrial volume and phasic function using cardiovascular magnetic resonance imaging—comparison of biplane area-length method and Simpson's method [J]. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2017, 33 (11): 1761-1769
- [14] 吕大民,张芳,吴迪,等.左房容积指数在H型高血压患者舒张功能中的应用及相关性研究 [J]. *中国实验诊断学*, 2017, 21(7): 1148-1150
- [15] Rusinaru D, Bohbot Y, Salaun E, et al. Determinants of left atrial volume index in patients with aortic stenosis: A multicentre pilot study [J]. *Arch Cardiovasc Dis*, 2017, 110(10): 525-533
- [16] 陆夏敏,崔文姬,齐琳,等.左房容积指数对H型高血压患者左室舒张功能的评价[J].*中国超声医学杂志*, 2018, 34(6): 516-518
- [17] Samaan A, Nagy M, Wagdy K, et al. Veno-arterial Loop Aiding Mitral Valve Crossing for Balloon Mitral Valvuloplasty in a Patient With a Huge Left Atrium[J]. *J Invasive Cardiol*, 2018, 30(6): E50-E51
- [18] 李静,荆春丽,陈春梅.产前超声检测胎儿静脉导管与肺静脉血流频谱在评价高危胎儿心功能及不良预后中的应用[J].*临床心血管病杂志*, 2016, 32(9): 961-964
- [19] Worley E, Rana B, Williams L, et al. Left ventricular diastolic dysfunction: identifying presence by left atrial function [J]. *Echo Research and Practice*, 2018, 5(3): 97-104
- [20] Ziłkowska L, Petryka J, Boruc A, et al. Comparison of echocardiography with tissue Doppler imaging and magnetic resonance imaging with delayed enhancement in the assessment of children with hypertrophic cardiomyopathy[J]. *Arch Med Sci*, 2017, 13(2): 328-336
- [21] Ghandi Y, Sharifi M, Habibi D, et al. Evaluation of left ventricular function in obese children without hypertension by a tissue Doppler imaging study[J]. *Ann Pediatr Cardiol*, 2018, 11(1): 28-33
- [22] 刘言,徐锦媚,于蓝,等.超声组织多普勒对完全性左束传导阻滞心房同步性研究[J].*中国心血管病研究*, 2017, 15(12): 1105-1107
- [23] 朱梦若,张跃力,胡兵,等.以P波和R波为起始点的应变及应变率成像评价阵发性心房颤动患者左心房功能的差异[J].*中国超声医学杂志*, 2017, 23(5): 423-426
- [24] Barros-Gomes S, Williams B, Nhola LF, et al. Prognosis of Light Chain Amyloidosis With Preserved LVEF: Added Value of 2D Speckle-Tracking Echocardiography to the Current Prognostic Staging System[J]. *Jacc Cardiovasc Imaging*, 2017, 10(4): 398-407
- [25] Furukawa A, Ishii K, Hyodo E, et al. Three-Dimensional Speckle Tracking Imaging for Assessing Left Atrial Function in Hypertensive Patients With Paroxysmal Atrial Fibrillation [J]. *Int Heart J*, 2016, 57 (6): 705-711
- [26] 张远妹,林红,范瑞,等.三维斑点追踪成像技术评价不同年龄段正常成人左房整体应变的研究[J].*中国临床医学影像杂志*, 2017, 28 (11): 798-801
- [27] 洪云,周青.实时三维超声心动图对阵发性心房颤动患者左心房的检测价值[J].*临床和实验医学杂志*, 2017, 16(7): 714-717
- [28] Acikgoz N, Yagmur J, Kurtoglu E, et al. Left atrial volume and function in patients with cardiac syndrome X assessed by real time three-dimensional echocardiography[J]. *Echocardiography*, 2017, 34(6): 862-868
- [29] Yagmur J, Cansel M, Kurtoglu E, et al. Assessment of left atrial volume and function by real time three-dimensional echocardiography in obese patients[J]. *Echocardiography*, 2016, 34(2): 210-216
- [30] 李靖,高敬.实时三维超声心动图评价心肌梗死患者左心房功能[J].*中国心血管杂志*, 2017, 22(3): 182-185

(上接第 2973 页)

- [24] Boulos C, Salameh P, Barberger-Gateau P. Malnutrition and frailty in community dwelling older adults living in a rural setting [J]. *Clin Nutr*, 2016, 35(1): 138-143
- [25] Dent E, Visvanathan R, Piantadosi C. Use of the mini nutritional assessment to detect frailty in hospital older people [J]. *J Nutr Health Aging*, 2012, 16(9): 764-767
- [26] Yannakoulia M, Ntanasi E, Anastasiou CA, et al. Frailty and nutrition: from epidemiological and clinical evidence to potential mechanisms [J]. *Metabolism*, 2017, 68(3): 64-76
- [27] 吕卫华,王青,赵清华,等.住院老年病人营养状况与衰弱相关性研究[J].*首都医科大学学报*, 2017, 38(3): 377-380
- [28] Anne Gingrich, Dorothee Volkert, Eva Kiesswetter, et al. Prevalence and overlap of sarcopenia, frailty, cachexia and malnutrition in older medical inpatients[J]. *BMC Geriatr*, 2019, 19(1): 120-130
- [29] J.E. MORLEY. J. Defining Undernutrition (Malnutrition) in Older Persons[J]. *Nutr Health Aging*, 2018, 22(3): 308-310
- [30] 董娟,施红,奚恒.衰弱与营养不良相关研究分析 [J]. *医学信息*, 2016, 29(16): 20-21
- [31] 董娟,赵箫陶,李晶,等.衰弱与营养不良关系的研究进展[J].*中华老年医学杂志*, 2016, 35(8): 907-909
- [32] Galarregui C, Abete I, Navas S, et al. Precision dietary guidelines and ingredients for chronic diseases in pre-senior and senior populations [J]. *Anales del sistema sanitario de Navarra*, 2018, 41(2): 227-242
- [33] 张珺.高龄住院心力衰竭患者血清心肌钙蛋白和白蛋白水平与远期预后的关系[J].*中国老年学杂志*, 2019, 39(06): 1296-1298