

❖ 心脏、血管影像学

3D speckle tracking imaging in evaluating severity of coronary artery disease

PENG Ling¹, ZHU Fang^{2*}, DING Mingyan², ZHANG Huihui²,
ZHAO Hanzhang², JI Wei², LI Ying²

(1. Graduate School, Dalian Medical University, Dalian 116044, China;

2. Department of Cardiac Ultrasonography, the People's Hospital of
Liaoning Province, Shenyang 110016, China)

[Abstract] **Objective** To explore the value of 3D speckle tracking imaging (3D-STI) in evaluating the degree of coronary artery disease in patients with coronary artery disease. **Methods** Totally 103 patients with suspected coronary artery disease were enrolled. According to the coronary angiography results and Gensini score, the patients were divided into lesion group ($n=79$) and normal group (Gensini score=0, $n=24$). Patients in lesion group were then divided into mild subgroup (Gensini score <25 , $n=40$), moderate subgroup (Gensini score 25—50, $n=26$) and severe subgroup (Gensini score >50 , $n=13$). 3D global longitudinal strain (3D-GLS), 3D global circumferential strain (3D-GCS), 3D global area strain (3D-GAS) and 3D radial strain (3D-GRS) were obtained using 3D-STI and compared between the two groups and among the three subgroups. ROC curve was drawn, and the efficacy of 3D-STI parameters were evaluated for the normal or mild coronary lesions (Gensini score <25) and moderate to severe lesions (Gensini score ≥ 25). **Results** 3D-GLS, 3D-GCS, 3D-GAS and 3D-GRS in the lesion group were lower than those in the normal group (all $P<0.05$). There were significant differences in the overall strain parameters among the mild, moderate and severe subgroups in the lesion group (all $P<0.05$). ROC curve results showed that AUC decreased from 3D-GLS (0.929), 3D-GCS (0.873), 3D-GRS (0.853) to 3D-GAS (0.819). **Conclusion** 3D-STI has certain value in evaluating the severity of coronary artery disease in patients with coronary artery disease.

[Keywords] coronary artery disease; speckle tracking imaging; coronary angiography; ultrasonography

DOI:10.13929/j.1003-3289.201810024

三维斑点追踪技术评价冠状动脉病变严重程度

彭 玲¹, 朱 芳^{2*}, 丁明岩², 张慧慧², 赵含章², 冀 威², 李 颖²

(1. 大连医科大学研究生院, 辽宁 大连 116044; 2. 辽宁省人民医院心脏超声科, 辽宁 沈阳 110016)

[摘要] **目的** 探讨三维斑点追踪成像(3D-STI)技术评价冠状动脉粥样硬化性心脏病(简称冠心病)患者冠状动脉病变程度的价值。**方法** 收集 103 例疑似冠心病患者,参考冠状动脉造影结果,根据冠状动脉 Gensini 评分,将其分为病变组($n=79$)和正常组(Gensini 评分 0 分, $n=24$),病变组又分为轻度(Gensini 评分 <25 分, $n=40$)、中度(Gensini 评分 25~50 分, $n=26$)和重度(Gensini 评分 >50 分, $n=13$)3 个亚组。应用 3D-STI 技术获得左心室三维整体纵向应变(3D-GLS)、三维整体周向应变(3D-GCS)、三维整体面积应变(3D-GAS)和三维整体径向应变(3D-GRS),比较 2 组间和 3 个亚组间的差异。绘制 ROC 曲线,评价 3D-STI 参数评价冠状动脉正常或轻度病变(Gensini 评分 <25 分)与中重度病变(Gensini 评分 ≥ 25 分)的效能。**结果** 病变组 3D-GLS、3D-GCS、3D-GAS 及 3D-GRS 均低于正常组(P 均 <0.05)。病变组内轻度、中

[基金项目] 辽宁省自然科学基金计划重点项目(20170540542)。

[第一作者] 彭玲(1992—),女,黑龙江伊春人,在读硕士。研究方向:心血管超声。E-mail: 1083315845@qq.com

[通信作者] 朱芳,辽宁省人民医院心脏超声科,110016。E-mail: zfmooon@126.com

[收稿日期] 2018-10-08 **[修回日期]** 2019-03-12

度与重度亚组间各应变参数总体差异均有统计学意义(P 均 <0.05)。ROC 曲线结果显示,AUC 由大到小依次为 3D-GLS(0.929)、3D-GCS(0.873)、3D-GRS(0.853)和 3D-GAS(0.819)。**结论** 3D-STI 技术用于评价冠心病患者冠状动脉病变严重程度具有一定价值。

[关键词] 冠状动脉疾病;斑点追踪成像;冠状血管造影术;超声检查

[中图分类号] R541.4; R540.45 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1003-3289(2019)05-0677-05

冠状动脉粥样硬化性心脏病(简称冠心病)是严重威胁人类生命健康的常见心血管疾病^[1]。CAG 是诊断冠心病的金标准,但有辐射,且为侵入性检查,患者接受程度较低。三维斑点追踪成像(3D speckle tracking imaging, 3D-STI)技术因其操作简单、无创、可重复性高等优点而被临床广泛应用。本研究采用 3D-STI 获得应变参数,探讨其评价冠心病患者冠状动脉病变严重程度的价值。

1 资料与方法

1.1 一般资料 收集 2017 年 2 月—2018 年 7 月因胸痛、胸闷于辽宁省人民医院就诊且接受 CAG 和超声心动图检查的 103 例疑似冠心病患者,男 60 例,女 43 例,年龄 33~76 岁,平均 (60.0 ± 7.6) 岁。纳入标准:超声心动图提示各室壁运动幅度正常,透声条件好,图像质量符合后处理要求。排除标准:既往有明确的心肌梗死病史及冠状动脉支架植入术后患者;先天性心脏病、心肌病、严重心脏瓣膜病、严重心律失常患者;正在接受心脏毒性药物治疗者;合并严重肾功能不全、结缔组织病等全身疾病患者。

1.2 仪器与方法

1.2.1 二维超声 采用 GE Vivid E9 超声检查仪, M5SC 探头,频率 1.7~3.3 MHz。嘱患者左侧卧,连接心电图,获取常规超声心动图参数,包括左心室射血分数(left ventricular ejection fraction, LVEF)、左心室舒张末期容积(left ventricular end-diastolic volume, LVEDV)、左心室收缩末期容积(left ventricular end-systolic volume, LVESV)、左心室舒张早期二尖瓣口血流速度峰值(E 峰)、左心房收缩期二尖瓣口血流速度峰值(A 峰)及 E 峰与 A 峰的比值(E/A)。

1.2.2 三维超声 采用 GE Vivid E9 超声检查仪, 4V 探头,频率 1.5~4.0 MHz,帧频不低于患者心率的 40%。嘱患者保持左侧卧位,将探头置于心尖搏动最明显处,获得清晰的心尖四腔心切面声像图,嘱患者屏气后进行三维重建。

将三维图像导出至 GE EchoPAC 工作站进行脱机分析,获得 3D-STI 参数,以测定左心室心肌功能。软件自动追踪感兴趣区域,获得三维应变参数,包括左

心室三维整体纵向应变(3D global longitudinal strain, 3D-GLS)、三维整体周向应变(3D global circumferential strain, 3D-GCS)、三维整体面积应变(3D global area strain, 3D-GAS)和三维整体径向应变(3D radial strain, 3D-GRS)。

1.3 冠状动脉评分方法 根据 CAG 结果,采用冠状动脉 Gensini 评分法^[2]评价冠状动脉狭窄严重程度,每个病变的评分=病变积分 $\times$ 病变系数,所有病变的评分相加,即为该例的冠状动脉 Gensini 评分(表 1)。根据评分结果将 103 例患者分为正常组(Gensini 评分 0 分, $n=24$)和病变组($n=79$),病变组又分为轻度亚组(Gensini 评分 <25 分, $n=40$)、中度亚组(Gensini 评分 25~50 分, $n=26$)和重度亚组(Gensini 评分 >50 分, $n=13$)。

表 1 冠状动脉 Gensini 评分标准

冠状动脉狭窄程度	积分	病变部位	病变系数
$\leq 25\%$	1	左主干	5.0
$>25\% \sim 50\%$	2	左前降支近段	2.5
$>50\% \sim 75\%$	4	左前降支中段	1.5
$>75\% \sim 90\%$	8	左回旋支开口	3.5
$>90\% \sim 99\%$	16	左心室后侧支	0.5
100%	32	其余部位	1.0

1.4 统计学分析 采用 SPSS 24.0 统计分析软件。计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表示,计数资料以频数或百分数表示。计量资料 2 组间比较采用独立样本 t 检验,多组间比较采用单因素方差分析。计数资料比较采用 χ^2 检验。绘制 ROC 曲线,计算 AUC、临界值和敏感度、特异度,以评价 3D-GLS、3D-GCS、3D-GAS 及 3D-GRS 评价冠状动脉正常或轻度病变(Gensini 评分 <25 分)与中重度病变(Gensini 评分 ≥ 25 分)的效能。 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

病变组与正常组一般资料差异均无统计学意义(P 均 >0.05 ,表 2)。

2.1 常规二维超声参数 病变组与正常组 LVEDV、LVESV、LVEF、E 峰、A 峰及 E/A 差异均无统计学意义(P 均 >0.05 ,表 3)。

表 2 病变组与正常组患者一般资料比较

组别	年龄(岁)	男/女(例)	体质量指数 (kg/m ²)	糖尿病 [例(%)]	高血压 [例(%)]	高脂血症 [例(%)]	吸烟史 [例(%)]
病变组(n=79)	60.8±9.6	48/31	24.89±2.98	29(36.71)	46(58.23)	47(59.49)	33(41.77)
正常组(n=24)	59.3±5.6	12/12	22.61±3.00	4(16.67)	13(54.17)	11(45.83)	8(33.33)
t/χ ² 值	1.061	0.876	0.768	3.396	0.124	1.396	0.547
P 值	0.306	0.357	0.384	0.082	0.815	0.251	0.487

表 3 病变组与正常组常规超声参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别	LVEDV(ml)	LVESV(ml)	LVEF	E 峰(cm/s)	A 峰(cm/s)	E/A
病变组(n=79)	90.14±15.21	34.20±6.78	0.62±0.03	72.67±8.62	83.89±15.49	0.91±0.37
正常组(n=24)	90.25±11.54	34.09±6.34	0.63±0.03	72.50±6.58	91.25±16.02	0.82±0.19
t 值	0.311	-0.293	1.157	-0.274	0.336	-0.370
P 值	0.757	0.701	0.306	0.791	0.738	0.713

表 4 病变组与正常组应变参数比较(% , $\bar{x} \pm s$)

组别	3D-GLS	3D-GCS	3D-GAS	3D-GRS
病变组(n=79)	-10.63±2.93	-10.68±3.03	-16.86±4.92	22.85±7.79
正常组(n=24)	-16.50±1.12	-14.75±3.03	-24.25±4.38	37.25±6.91
t 值	2.719	2.922	2.424	1.947
P 值	0.001	0.010	0.002	0.001

表 5 病变组内轻度、中度与重度亚组间应变参数比较(% , $\bar{x} \pm s$)

组别	3D-GLS	3D-GCS	3D-GAS	3D-GRS
轻度亚组(n=40)	-12.03±2.92	-11.83±2.38	-18.25±4.23	26.05±7.44
中度亚组(n=26)	-9.42±2.27	-9.73±3.32	-15.81±5.25	20.46±7.76
重度亚组(n=13)	-8.77±1.85	-9.08±2.79	-14.69±4.89	17.77±5.15
F 值	34.959	20.278	22.886	14.765
P 值	<0.001	0.002	0.031	0.001

表 6 冠状动脉正常或轻度病变与中重度病变患者间应变参数比较(% , $\bar{x} \pm s$)

病变程度	3D-GLS	3D-GCS	3D-GAS	3D-GRS
正常或轻度病变(n=64)	-13.71±2.26	-12.93±2.62	-20.50±4.29	30.25±7.24
中重度病变(n=39)	-9.20±2.13	-9.51±3.14	-15.44±5.13	19.56±6.89
t 值	-8.507	-6.485	-6.910	-5.392
P 值	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001

表 7 应变参数诊断冠状动脉病变程度的 ROC 曲线分析

参数	AUC	P 值	95%CI	临界值 (%)	敏感度 (%)	特异度 (%)
3D-GLS	0.929	<0.001	(0.858, 0.985)	-13.5	77.8	93.3
3D-GCS	0.873	<0.001	(0.787, 0.964)	-13.5	77.8	80.5
3D-GRS	0.853	<0.001	(0.789, 0.957)	27.5	77.8	73.3
3D-GAS	0.819	<0.001	(0.715, 0.921)	-20.5	75.0	73.3

2.2 应变参数 病变组和正常组各应变参数牛眼图见图 1、2, 病变组患者牛眼图颜色相对暗淡。病变组 3D-GLS、3D-GCS、3D-GAS 和 3D-GRS 均低于正常

组, 差异均有统计学意义(P 均 < 0.05, 表 4)。

病变组内, 轻度、中度和重度 3 个亚组间 3D-GLS、3D-GCS、3D-GAS 及 3D-GRS 的总体差异均有统计学意义(P 均 < 0.05, 表 5), 随病变程度加重, 各参数逐渐减小(P 均 < 0.05)。

2.3 应变参数诊断冠状动脉病变程度的效能 冠状动脉正常或轻度病变(Gensini 评分 < 25 分)与中重度病变(Gensini 评分 ≥ 25 分)患者间 3D-STI 参数差异均有统计学意义(P 均 < 0.001, 表 6)。3D-STI 参数鉴别冠状动脉正常或轻度病变与中重度病变的 ROC 曲线见图 3, 诊断效能见表 7, AUC 由大到小依次为 3D-GLS(0.929)、3D-GCS(0.873)、3D-GRS(0.853)和 3D-GAS(0.819), 以 3D-GLS = -13.5% 为临界值, 诊断敏感度为 77.8%, 特异度为 93.3%。

3 讨论

斑点追踪成像(speckle tracking imaging, STI)技术通过记录和追踪心肌微小斑点的运动状态分析心肌受损情况, 不易受操作者主观影响, 可重复性高, 可准确、客观地评价心肌功能。研究^[3-5]表明 STI 可用于评价冠心病患者冠状动脉狭窄程度, 但

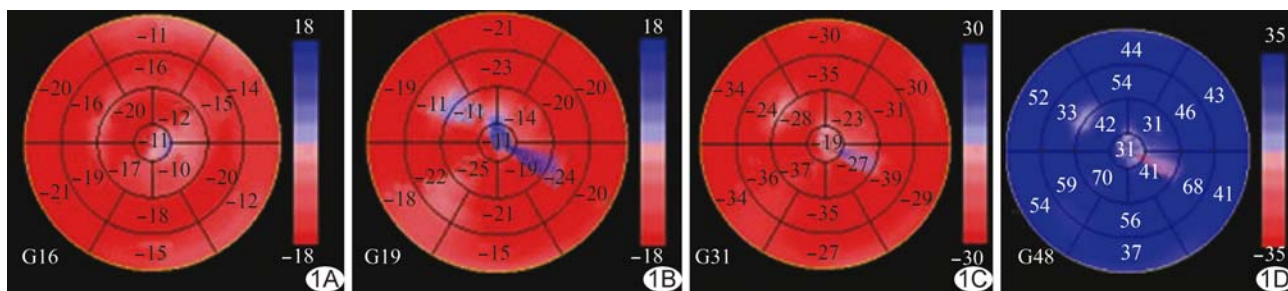


图 1 正常组,男,42 岁,3D-STI 牛眼图 A. 3D-GLS; B. 3D-GCS; C. 3D-GAS; D. 3D-GRS

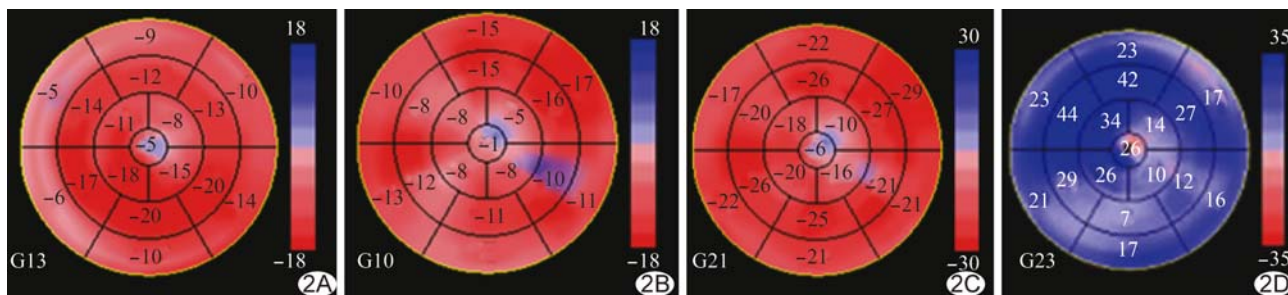


图 2 病变组,男,56 岁,3D-STI 牛眼图 A. 3D-GLS; B. 3D-GCS; C. 3D-GAS; D. 3D-GRS

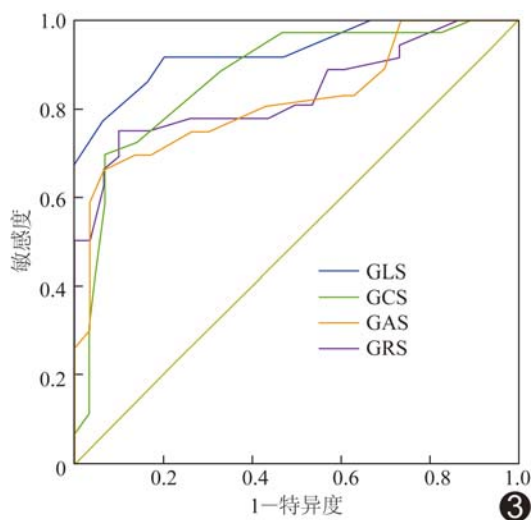


图 3 3D-STI 参数鉴别冠状动脉正常或轻度病变与中重度病变的 ROC 曲线

目前多采用 2D-STI 技术,所获图像源于不同心动周期,且存在追踪错误等现象。3D-STI 的可重复性高,在检出心肌缺血方面优于 2D-STI^[6]。

本研究中病变组与正常组一般临床资料差异无统计学意义,斑点追踪结果显示病变组患者的 3D-STI 参数明显低于正常组,与既往研究^[7-9]结果相似;但上述研究仅针对冠状动脉狭窄程度,未分析不同病变发生部位对患者心肌功能的影响。Gensini 评分法既考虑到冠状动脉的狭窄程度,又将冠状动脉狭窄部位的

权重考虑在内,可以更准确地反映冠心病患者的冠状动脉的病变程度。本研究采用冠状动脉 Gensini 评分法对患者进行分组。

目前对于 3D-STI 诊断冠心病患者冠状动脉病变程度的价值的评价有所不同,有研究^[10-12]认为 STI 获得的左心室 GLS 在冠心病的早期诊断中具有一定价值,另有研究^[13]则认为 3D-STI 在冠心病诊断中的敏感度和特异度均不高;可能与不同研究的纳入对象、分组标准不同有关。

本研究结果显示病变组与正常组间 3D-GLS、3D-GCS、3D-GAS 和 3D-GRS 差异均有统计学意义(P 均 <0.05),与伍伟科等^[14]的研究结果相似。3D-GLS 反映心内膜和心外膜纤维的收缩,3D-GRS 反映心内膜纤维,3D-GCS 反映周向分布的中层纤维,3D-GAS 反映心内膜面积的变化。冠状动脉狭窄严重时,心肌耗氧量和血流量减少,心肌细胞和心肌收缩蛋白受损,心肌代谢紊乱,因此 STI 技术显示心肌变形特性降低。

本研究采用 ROC 曲线评价 3D-STI 参数判断冠状动脉病变程度的价值,结果显示 3D-GLS、3D-GCS、3D-GRS 和 3D-GAS 的 AUC 由大到小依次为 0.929、0.873、0.853 和 0.819。3D-GLS、3D-GCS 和 3D-GRS 三者诊断价值存在差异,是因左心室壁心肌纤维主要由纵向纤维和环形纤维组成,心外膜及心内膜下心肌纤维为纵向纤维,占心肌纤维的 70%,决定了心肌长

轴方向的纵向运动和短轴方向的径向运动;心肌中层为环形纤维,仅占心肌纤维的 30%,决定心肌短轴方向上的周向运动^[15-16]。可能由于决定心肌周向运动的环形纤维所占比例相对较少,导致 3D-GRS 的诊断价值相对 3D-GLS 较低。3D-GAS 的诊断价值相对较低,可能是由于该参数主要反映左心室心内膜面积的变化;而本研究纳入患者 LVEF 均正常,心内膜面积变化尚不明显。

本研究的局限性在于仅评价了冠状动脉主要分支狭窄,未考虑到冠状动脉侧支循环的建立对结果的影响,而此因素可能为部分患者应变参数较高的原因之一,若患者冠状动脉侧支循环建立良好,也可导致其应变值正常。

综上所述,3D-STI 技术在评估冠心病患者冠状动脉病变的严重程度方面有一定价值,可通过分析左心室心肌运动功能的受损程度,间接推测责任血管以及冠状动脉狭窄的严重程度,有助于临床制定检查及治疗方案。

[参考文献]

- [1] Lozano R, Naghavi M, Foreman K, et al. Global and regional mortality from 235 causes of death for 20 age groups in 1990 and 2010: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet*, 2012, 380(9859):2095-2128.
- [2] Gensini GG. A more meaningful scoring system for determining the severity of coronary hearts disease. *Am J Cardiol*, 1983, 51(3):606.
- [3] Hubbard RT, Arciniegas Calle MC, Barros-Gomes S, et al. 2-dimensional speckle tracking echocardiography predicts severe coronary artery disease in women with normal left ventricular function: A case-control study. *BMC Cardiovasc Disord*, 2017, 17(1):231-238.
- [4] Huang J, Yan ZN, Fan L, et al. Left ventricular longitudinal function assessment in rabbits after acute occlusion of left anterior descending coronary artery by two-dimensional speckle tracking imaging. *BMC Cardiovasc Disord*, 2017, 17(1):219-226.
- [5] Caspar T, Samet H, Ohana M, et al. Longitudinal 2D strain can help diagnose coronary artery disease in patients with suspected non-ST-elevation acute coronary syndrome but apparent normal global and segmental systolic function. *Int J Cardiol*, 2017, 236: 91-94.
- [6] 刘国文,杨娅. 三维超声心动图斑点追踪技术. *心血管外科杂志*, 2016, 5(1):26-30.
- [7] Sun YJ, Wang F, Zhang RS, et al. Incremental value of resting three-dimensional speckle tracking echocardiography in detecting coronary artery disease. *Exp Ther Med*, 2015, 9(6):2043-2046.
- [8] Li L, Zhang PY, Ran H, et al. Evaluation of left ventricular myocardial mechanics by three-dimensional speckle tracking echocardiography in the patients with different graded coronary artery stenosis. *Int J Cardiovasc Imaging*, 2017, 33(10): 1513-1520.
- [9] Seo Y, Ishizu T, Aonuma K. Current status of 3-dimensional speckle tracking echocardiography: A review from our experiences. *J Cardiovasc Ultrasound*, 2014, 22(2):49-57.
- [10] Abate E, Hoogslag GE, Antoni ML, et al. Value of three-dimensional speckle-tracking longitudinal strain for predicting improvement of left ventricular function after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol*, 2012, 110(7):961-967.
- [11] Hung CL, Verma A, Uno H, et al. Longitudinal and circumferential strain rate, left ventricular remodeling, and prognosis after myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*, 2010, 56(22):1812-1822.
- [12] 高亚坤,张玉辉,刘颖,等. 三维超声斑点追踪技术在不同冠状动脉狭窄程度患者心肌收缩功能评估中的价值. *中国老年学杂志*, 2017, 12(37):3036-3038.
- [13] Cai Z, Dai J, Wu D, et al. The value of 3-dimensional longitudinal strain in the evaluation of complex coronary lesions in non-ST-segment elevation acute coronary syndrome patient. *Medicine (Baltimore)*, 2016, 95(39):e4667.
- [14] 伍伟科,张又红. 三维斑点追踪技术在冠心病早期左心室收缩功能评价中的应用. *中国中西医结合影像学杂志*, 2017, 15(4): 599-602.
- [15] Sengupta PP, Krishnamoorthy VK, Korinek J, et al. Left ventricular form and function revisited: Applied translational science to cardiovascular ultrasound imaging. *J Am Soc Echocardiogr*, 2007, 20(5):539-551.
- [16] Gao C, Lu K, Ye W, et al. Reconstruction of the architecture of ventricular myocardial fibers in ex vivo human hearts. *Heart Surg Forum*, 2009, 12(4):E225-E229.