文章编号:1000-5404(2014)19-2001-05

论著

速度向量成像技术评价兔心尖部心肌梗死后左心室扭转功能的动态研究

蒲大容[1],周启昌[2] (400016 重庆,重庆医科大学附属第一医院超声科[1];410011 长沙,中南大学湘雅二医院超声科[2])

[摘要] **目的** 应用速度向量成像技术评价兔心尖部心肌梗死后左心室扭转运动的动态演变特点。**方法** 用新西兰大白兔复制心肌梗死模型,于手术前1 d及术后8周内不同时间点采集心脏动态图像进行速度向量成像(velocity vector imaging,VVI)分析,记录左心室扭转参数。**结果** 心肌梗死组术后1周内,心底水平左心室旋转角度、速度及解旋速度较术前有减低趋势但无统计学意义($P>0.05$),术后2~8周较术前明显减低($P<0.05$)。术后1 d心尖水平左心室旋转角度、速度及解旋速度均显著低于术前测值($P<0.05$),并随心肌梗死时间延长逐渐减低,至术后4周达高峰。心肌梗死后8周内,左心室解旋达峰时间延长,等容舒张期内左心室解旋角度占整个解旋角度的百分比减少($P<0.05$)。左心室整体扭转参数的改变趋势与心尖水平相似。**结论** 心尖部心肌梗死后左心室心尖水平旋转呈进行性减低,其减低程度较心底水平明显,且出现时间早。左心室整体扭转和解旋功能受损主要由心尖部旋转和解旋减低引起。

[关键词] 左心室扭转;心肌梗死;动态演变
[中图法分类号] R331.31; R445.1; R542.22 [文献标志码] A

Time course studies on left ventricular torsion evolution in rabbit apical myocardial infarction using velocity vector imaging

Pu Darong[1], Zhou Qichang[2] ([1]Department of Ultrasonography, the First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing, 400016; [2]Department of Ultrasonography, Second Xiangya Hospital, Central South University, Changsha, Hunan Province, 410011, China)

[**Abstract**] Objective To evaluate the dynamic evolutions of left ventricular (LV) torsion using velocity vector imaging (VVI) in rabbits after apical myocardial infarction (MI). Methods MI model was induced by occlusion of coronary artery in New Zealand white rabbits. Dynamic cardiac images of LV were collected in 1 d before and within 8 weeks after MI. All of these images were analyzed off-line using VVI software and torsion-related parameters were recorded. Results Rotate angle, rotate velocity and recoiling velocity of basal LV tended to decrease within 1 week post MI but without obvious difference ($P>0.05$), and then significantly decreased in 2 to 8 weeks after surgery ($P<0.05$). In 1 d after surgery, rotate angle, rotate velocity and recoiling velocity of apical LV were greatly lower than those before surgery ($P<0.05$), and then gradually decreased post MI and reached the lowest after 4 weeks ($P<00.05$). Time to peak untwisting velocity of LV gradually prolonged and the percentage of isovolumic untwisting to entire untwisting decreased within 8 weeks post MI ($P<0.05$). Similar to rotational changes of apical LV, twist angle, twist velocity, and untwisting velocity of LV were also decreased after MI ($P<0.05$). The trend of LV rotation parameters was coincidence with that of apical LV. Conclusion Apical rotation is gradually decreased post apical MI, with the rotational change of apical LV greater and occuring earlier than that of basal LV. The impairment of systolic twist and diastolic untwisting after MI might be mainly caused by rotational changes of apical LV.

[**Key words**] left ventricular torsion; myocardial infarction; dynamic change

Supported by the General Program of National Natural Science Foundation of China (30970838) and the Project of Scientific Research of Department of Public Health of Hunan Province (B2009071). Corresponding author: Zhou Qichang, Tel: 86-731-85292140, E-mail: hnzqc@yahoo.com

[基金项目] 国家自然科学基金面上项目(30970838);湖南省卫生厅科研计划(B2009071)
[通信作者] 周启昌,电话:(0731)85292140,Email:hnzqc@yahoo.com
[优先出版] http://www.cnki.net/kcms/detail/51.1095.R.20140807.1602.012.html(2014-08-07)

扭转是心尖相对于心底绕心脏长轴的旋转运动，对心室射血和充盈起重要作用。初步研究表明，心肌梗死后左心室扭转降低，扭转参数的改变可反映左心功能的变化[1-3]。然而，心肌梗死后左心室重构是一个动态的过程，随着左心室形态的改变，其扭转运动如何变化仍不清楚。对心肌梗死后左心室扭转的动态演变进行研究，可进一步加深对心肌梗死心脏功能的了解，具有重要意义。速度向量成像技术（velocity vector imaging，VVI）通过追踪心肌的运动轨迹研究心肌结构力学，可定量评估心脏的功能[4]。由于心肌梗死患者病情急，变化快，临床上难以对患者重复检查。本研究利用新西兰大白兔复制心肌梗死模型，采集心肌梗死前及梗死后8周内心脏动态图像进行VVI分析，探讨心肌梗死后左心室扭转运动的动态演变特点，旨在为进一步进行临床研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 实验对象

雄性新西兰大白兔45只，体质量1.5～2.2 kg，由中南大学湘雅二医院实验动物中心提供[许可证号：SYXK（湘）2004-0013]。分为假手术组（SH组，$n=15$）和心肌梗死组（MI组，$n=30$）。

1.2 仪器及药品

Acuson Sequoia 512彩色多普勒超声诊断仪及VVI分析软件，德国西门子公司；光学显微镜，日本Nikon公司；医用无损伤缝合线，上海浦东金环医疗用品有限公司；青霉素，哈药集团制药总厂；戊巴比妥钠，美国Sigma公司；4%多聚甲醛，博士德生物工程有限公司；氯化三苯四氮唑（triphenyltetrazolium chloride，TTC），美国Amresco公司。

1.3 心肌梗死模型的建立

经腹腔注射3%戊巴比妥钠（1 mL/kg）麻醉后，兔固定于手术台，术野备皮，消毒，铺巾。于左侧胸壁相当于第3肋间开胸，切开并悬吊心包，暴露心脏。以心大静脉为标志，于左心耳缘下方5～10 mm处为结扎点，用6/0医用无损伤缝线缝扎左冠状动脉左室支，可见结扎远端心肌变苍白，初步认为结扎成功。逐层关闭胸腔。SH组采用同样的手术方法，但只穿线不结扎冠状动脉。术后分笼喂养，每笼1只，每天肌肉注射青霉素80万U，连用5 d。

1.4 图像采集

于手术前1 d，手术后1 d、3 d、1周、2周、4周和8周分别行超声心动图检查并采集动态图像。采用Acuson Sequoia 512彩色多普勒超声诊断仪，7V3c探头，频率7.0 MHz，调节帧频>50帧/s。实验动物仰卧于检查床，置针形电极于四肢皮下连接心电图。首先进行常规超声心动图检查，测量左心室舒张末期内径（left ventricular end diastolic diameter，LVEDD）、射血分数（ejection fraction，EF）、短轴缩短率（fraction shortening，FS）、左心室快速充盈期二尖瓣口血流速度峰值（E峰）及舒张晚期二尖瓣口血流速度峰值（A峰）。启动VVI模式，调整参数至图像大小合适，心内膜显示清晰。采集标准左心室心底水平和心尖水平短轴切面动态图像，记录2～3个心动周期。采集图像同时记录心率。

1.5 图像分析

进入VVI软件，打开心脏动态图像，在舒张末期并清晰显示心内膜的切面上停帧。手动描记心内膜，短轴切面上置参照物于左心室中央。系统将自动生成心底和心尖的旋转角度和速度曲线。分别记录收缩期左心室心底水平和心尖水平的旋转角度和旋转速度，左心室整体扭转角度和扭转速度，以及舒张期心底水平、心尖水平和左心室整体的解旋速度，左心室解旋达峰时间；计算等容舒张期内左心室解旋角度占整个解旋角度的百分比。分析3个心动周期，取平均值。

1.6 心脏标本的处理

术后8周颈椎脱臼处死动物，取出心脏。垂直左心室长轴将心脏切片。测量非梗死区域及梗死区域室壁厚度。MI组取少许梗死组织，经常规HE染色，于光学显微镜下观察。其余心肌置入1% TTC溶液中染色，冰箱保存，24 h内用照相机拍照。

1.7 统计学分析

采用SPSS 11.0统计软件，所有计量资料以 $\bar{x}\pm s$ 表示，多组计量资料间的统计学差异用单因素方差分析。

2 结果

2.1 一般情况

实验动物在手术及术后喂养过程中，MI组死亡6只，SH组死亡2只，最终共有37只兔子完成该实验，其中SH组13只，MI组24只。HE染色证实心肌梗死模型建模成功。

2.2 常规超声心动图测值比较

SH组术后3 d FS较术前减低，手术1周后恢复至术前水平，术后各时间点SH组LVEDD、EF、二尖瓣口峰值流速E、A及E/A与术前比较无明显改变。MI组术后1 d出现室壁运动节段性减弱，左心室EF和FS较术前明显减低（$P<0.05$），术后3 d左心室舒张末期内径（LVEDD）增大（$P<0.05$）。术后3 d至4周，EF和FS进一步降低，LVEDD逐渐增大，但术后8周与术后4周比较上述参数无明显差异（$P>0.05$）。与术前比较，术后4周及8周MI组E、A较术前明显减低（$P<0.05$），但E/A比值术后各时间点与术前比较均无明显改变（$P>0.05$，表1）。

2.3 收缩期左心室扭转改变

与术前比较，术后各时间点SH组收缩期扭转参数均无明显改变（$P>0.05$，表2，图1）。

MI组术后1 d至1周，心底水平左心室旋转角度（PBr）及速度（PBrV）较术前有减低趋势但差异无统计学意义（$P>0.05$），至结扎冠状动脉2周后，PBr及PBrV显著低于术前水平（$P<0.05$）。

术后1 d心尖水平即出现旋转角度（PAr）及速度（PArV）降低，与术前比较差异有统计学意义（$P<0.05$），随心肌梗死时间延长，PAr及PArV进一步减低，至术后4周达高峰，4周与8周比较无明显差异（$P>0.05$）。

心肌梗死后1 d左心室整体扭转角度（Ptw）及速度（PtwV）显著低于术前水平（$P<0.05$），并随心肌梗死时间延长降低，术后4周达高峰。

表 1　各组大白兔常规超声心动图测值比较($\bar{x} \pm s$)

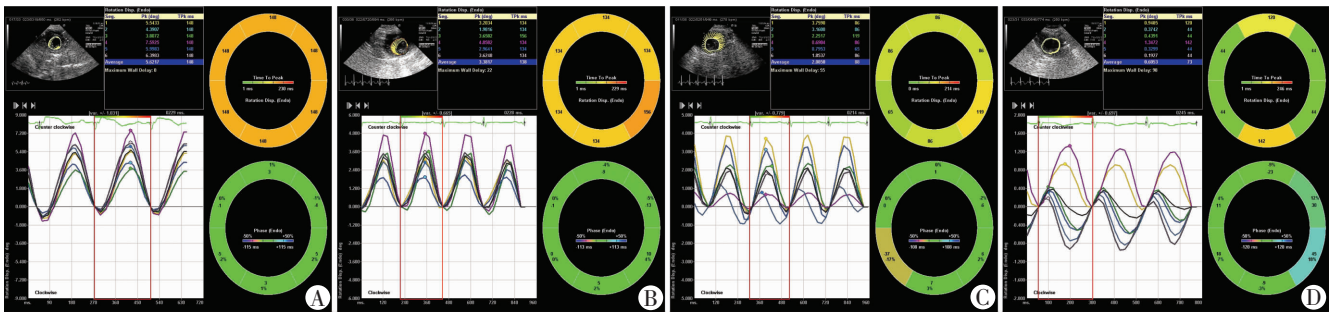
组别		心率(/min)	左心室舒张末期内径(mm)	射血分数(%)	短轴缩短率(%)	E(cm/s)	A(cm/s)	E/A
	术前	236.54±34.18	12.94±5.37	74.74±8.44	40.36±2.62	74.71±28.64	73.22±19.32	1.04±0.06
	结扎冠状动脉							
	1 d	239.85±33.04	12.96±5.35	72.16±8.98	37.25±3.31^{b}	74.51±27.65	73.65±20.46	1.03±0.09
SH 组	3 d	238.08±31.15	12.96±5.36	72.17±8.39	37.46±2.89^{b}	74.78±28.56	74.36±19.75	1.01±0.12
	1 周	233.62±29.54	13.30±5.36	74.62±8.67	39.67±2.61	74.37±28.66	74.61±22.35	0.97±0.08
	2 周	234.39±31.30	13.36±5.37	74.63±8.32	39.51±2.59	75.38±27.41	74.96±26.31	1.02±0.16
	4 周	233.92±27.66	13.45±5.34	74.77±8.61	39.74±2.58	74.18±28.29	75.77±21.46	0.98±0.07
	8 周	232.38±31.81	13.47±5.36	75.09±8.47	40.40±2.35	74. 62±29.27	73.35±20.86	1.02±0.11
	术前	238.33±23.87	12.91±5.35	74.44±10.19	39.81±4.97	75.59±28.25	74.29±21.22	1.04±0.04
	结扎冠状动脉							
	1 d	246.62±21.32	13.42±5.35	66.05±8.32^{ab}	32.84±4.11^{ab}	75.12±27.24	71.63±21.36	1.03±0.05
MI 组	3 d	237.58±25.58	13.76±5.41^{b}	59.06±8.67^{b}	29.14±4.19^{b}	75.19±28.34	70.59±22.67	1.07±0.09
	1 周	242.12±21.91	17.67±5.30^{ab}	48.87±6.88^{ab}	22.47±4.17^{ab}	74.54±27.98	75.46±21.55	0.95±0.04
	2 周	242.67±25.52	18.28±5.43^{b}	40.57±5.02^{ab}	17.23±3.22^{ab}	72.66±27.65	70.24±19.45	1.06±0.17
	4 周	238.83±25.61	19.87±5.51^{ab}	31.14±5.19^{ab}	13.87±2.57^{ab}	67.86±20.87^{b}	65.96±20.41^{b}	1.02±0.06
	8 周	244.42±23.51	20.60±5.46^{b}	32.40±5.20^{b}	14.07±3.98^{b}	67.02±17.83^{b}	63.01±22.65^{b}	1.01±0.08

E:快速充盈期二尖瓣口血流速度峰值;A:舒张晚期二尖瓣口血流速度峰值;a:$P<0.05$,与前一时间点比较;b:$P<0.05$,与术前比较

表 2　MI 组与 SH 组大白兔收缩期扭转参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别		PBr(°)	PAr(°)	Ptw(°)	PBrV(°/s)	PArV(°/s)	PtwV(°/s)
	术前	−2.91±0.82	7.80±2.29	10.84±3.14	−39.75±15.58	72.86±31.45	56.26±23.28
	结扎冠状动脉						
	1 d	−2.97±0.73	7.69±2.11	10.66±3.74	−38.78±15.43	72.59±30.29	55.68±23.17
SH 组	3 d	−2.85±0.84	7.71±2.35	10.56±3.75	−39.69±15.58	73.11±29.30	56.40±23.22
	1 周	−2.89±0.82	8.14±2.36	11.05±3.92	−38.61±15.47	73.09±29.35	55.85±23.28
	2 周	−2.96±0.77	7.96±2.40	10.85±3.77	−40.03±15.62	73.05±29.45	56.49±23.22
	4 周	−2.96±0.80	8.20±2.35	11.15±3.76	−39.77±15.59	72.72±29.36	56.24±23.27
	8 周	−2.89±0.84	7.92±2.39	10.82±3.75	−40.09±15.59	73.08±29.30	57.59±23.22
	术前	−2.90±0.69	8.38±2.38	11.29±4.69	−47.28±17.95	79.50±30.88	63.39±28.87
	结扎冠状动脉						
	1 d	−2.79±0.70	5.18±2.09^{ab}	7.97±3.70^{ab}	−47.10±17.97	57.29±26.63^{ab}	52.27±23.10^{ab}
MI 组	3 d	−2.73±0.69	4.74±1.39^{ab}	7.47±3.69^{ab}	−46.88±16.95	49.90±23.33^{ab}	48.39±20.96^{ab}
	1 周	−2.65±0.84	3.76±1.38^{ab}	6.41±3.72^{ab}	−46.79±16.97	46.52±22.49^{ab}	46.68±16.58^{ab}
	2 周	−2.48±0.77$^{\#}$	3.53±1.36^{ab}	6.01±2.74^{b}	−43.14±15.33^{ab}	37.21±13.42^{ab}	40.25±12.97^{ab}
	4 周	−2.09±0.70$^{\#}$	1.36±0.73^{ab}	3.42±1.66^{ab}	−39.22±13.95^{ab}	18.53±8.73^{ab}	28.89±11.51^{ab}
	8 周	−2.00±0.69$^{\#}$	1.31±0.64^{b}	3.29±1.46^{b}	−38.03±13.96^{ab}	18.81±8.41^{b}	28.41±11.31^{b}

PBr:心底旋转角度;PAr:心尖旋转角度;Ptw:左心室扭转角度;PBrV:心底旋转速度;PArV:心尖旋转速度;PtwV:左心室扭转速度;a:$P<0.05$,与前一时间点比较;b:$P<0.05$,与术前比较



A:术前;B:术后 1 d;C:术后 2 周;D:术后 8 周

图 1　MI 组大白兔手术前后左心室短轴心尖水平旋转角度曲线分析

2.4　舒张期左心室解旋改变

与术前比较,术后各时间点 SH 组舒张期解旋参数均无明显改变($P>0.05$,表 3)。

结扎冠状动脉 2 周后 MI 组心底水平解旋速度(PButwV)较术前明显减低($P<0.05$),而心尖水平解旋改变早于心底水平,术后 1 d 即出现解旋速度(PAutwV)降低($P<0.05$),并随心肌梗死时间延长逐渐减低,至术后 4 周达高峰。

心肌梗死后 8 周内,左心室整体解旋速度逐渐(PutwV)减低($P<0.05$),解旋达峰时间(TPKutw)延长($P<0.05$),等容舒张期内左心室解旋角度占整个解旋角度的百分比(Iutw%)减少($P<0.05$)。

由图 2 可见,心肌梗死后心尖水平左心室旋转改变较心底水平明显,左心室整体扭转改变与心尖水平一致。

表3 MI组与SH组大白兔舒张期扭转参数比较($\bar{x} \pm s$)

组别		PButwV (°/s)	PAutwV (°/s)	PutwV (°/s)	TPKutw (s)	Iutw%
	术前	37.85 ± 14.54	−71.79 ± 29.47	54.80 ± 22.40	136.32 ± 26.31	56.91 ± 11.36
	结扎冠状动脉					
	1 d	36.97 ± 14.29	−71.47 ± 29.31	54.22 ± 22.06	139.68 ± 22.69	54.15 ± 10.58
SH组	3 d	37.45 ± 14.72	−72.10 ± 30.29	54.79 ± 22.36	140.58 ± 24.56	55.62 ± 14.32
	1 周	38.16 ± 14.54	−71.65 ± 29.45	54.90 ± 22.40	138.64 ± 25.63	57.68 ± 12.49
	2 周	37.94 ± 14.50	−72.06 ± 29.47	54.97 ± 22.41	139.41 ± 27.73	56.33 ± 10.57
	4 周	38.08 ± 14.47	−71.89 ± 29.45	55.98 ± 23.01	137.66 ± 24.65	54.63 ± 11.58
	8 周	37.82 ± 14.32	−71.75 ± 29.29	54.78 ± 22.08	137.21 ± 25.19	55.89 ± 12.74
	术前	46.18 ± 16.96	−78.61 ± 29.77	62.40 ± 27.81	137.46 ± 22.62	59.68 ± 10.47
	结扎冠状动脉					
	1 d	46.03 ± 16.98	−52.25 ± 25.95^{ab}	48.99 ± 20.25^{ab}	162.21 ± 24.68^{ab}	40.61 ± 11.54^{ab}
MI组	3 d	45.94 ± 16.77	−51.39 ± 22.82^{b}	48.67 ± 18.64^{b}	159.49 ± 21.31^{b}	34.65 ± 10.51^{ab}
	1 周	45.59 ± 15.98^{b}	−45.24 ± 18.77^{ab}	45.38 ± 15.71^{ab}	163.52 ± 20.41^{b}	30.21 ± 9.63^{b}
	2 周	42.10 ± 15.03^{ab}	−40.63 ± 15.78^{b}	41.35 ± 13.72^{ab}	162.45 ± 23.54^{b}	31.54 ± 10.58^{b}
	4 周	36.81 ± 13.88^{ab}	−20.37 ± 11.38^{ab}	28.61 ± 10.94^{ab}	183.68 ± 22.47^{ab}	25.36 ± 9.62^{ab}
	8 周	35.89 ± 13.97^{ab}	−19.96 ± 10.79^{b}	27.92 ± 10.12^{b}	185.29 ± 23.51^{b}	28.41 ± 9.57^{b}

PButwV:心底解旋速度;PAutwV:心尖解旋速度;PutwV:左心室解旋速度;TPKutw:左心室解旋达峰时间;Iutw%:等容舒张期内左心室解旋角度占整个解旋角度的百分比;a:$P<0.05$,与前一时间点比较;b:$P<0.05$,与术前比较

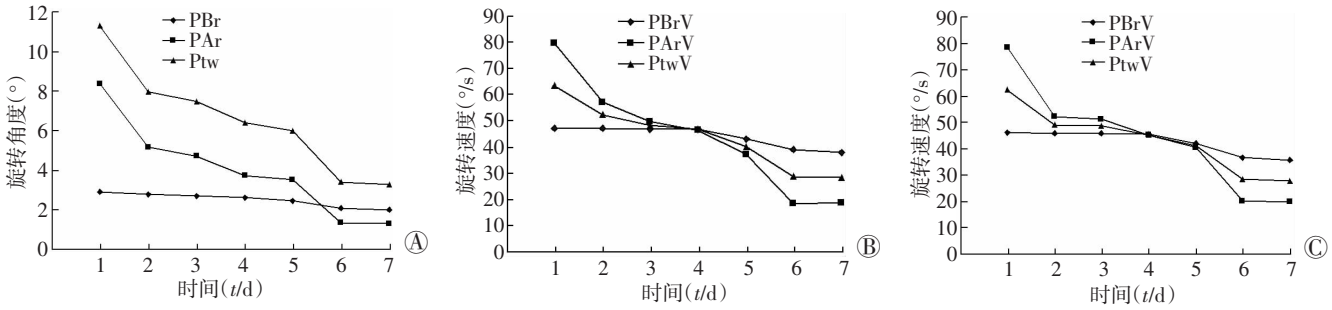


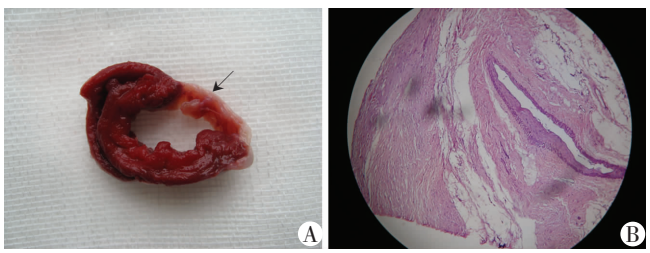
图2 MI组大白兔手术前后左心室旋转角度(A)、旋转速度(B)及解旋速度(C)改变趋势分析

2.5 扭转参数与常规超声心动图结果分析

心肌梗死后8周内,Ptw及PtwV的改变与EF改变呈正相关($r=0.90,0.87$,$P<0.05$),PAr、PArV、PBr及PBrV与LVEDD改变呈负相关($r=-0.92,-0.85,-0.64,-0.71$,$P<0.05$)。

2.6 病理结果

术后8周心肌组织HE染色显示MI组梗死区为瘢痕组织,呈均质淡红色(图3)。MI组与SH组比较心脏明显增大,TTC染色见梗死区呈白色,室壁菲薄(1.30 ± 0.21) mm,MI组未梗死区室壁(4.87 ± 0.09) mm较SH组(2.71 ± 0.24) mm明显增厚,差异有统计学意义($P<0.05$)。



A:TTC染色大体观察,↑:示梗死区室壁菲薄,呈白色;B:HE染色观察心肌组织梗死区瘢痕组织呈均质、淡红色(×10)

图3 MI组大白兔心肌组织大体观与病理学变化

3 讨论

扭转是心尖相对于心底绕心脏长轴的旋转运动。扭转对左心室局部和整体的功能变化很敏感,可作为评价左室功能的指标。本研究发现,心肌梗死后心底水平和心尖水平左心室旋转改变不一致:结扎冠状动脉后1 d,即心肌梗死后急性期,心底水平PBr及PBrV较术前有减低趋势但差异无统计学意义,而心尖水平PAr及PArV明显降低,提示左心室心尖水平旋转功能受损,此时左心室整体扭转的改变主要由心尖旋转减低引起,这与Govind等[5]的研究结果一致。心肌细胞是心脏产生舒缩运动的基础,对缺血非常敏感,结扎冠状动脉20~40 min即可形成不可逆性坏死[6]。心肌梗死后急性期,心尖水平旋转降低主要与心肌细胞坏死有关。本研究以左心耳缘下方5~10 mm处为结扎点结扎冠状动脉,主要引起左心室前侧壁和心尖部心肌梗死[7],术后8周心脏TTC染色结果亦显示心尖部位大部分表现为透壁性心肌梗死。心肌梗死后心肌细胞核碎裂、消失,肌原纤维溶解,心尖水平局部室壁失去产生舒缩运动的基础,旋转降低。

结扎冠状动脉1周后,除心尖水平PAr及PArV

进一步降低,心底水平旋转亦发生改变,表现为心底水平 PBr 及 PBrV 较术前显著减低。本研究中,PAr、PArV、PBr 及 PBrV 的改变与 LVEDD 改变呈负相关,提示随心肌梗死时间延长,左心室重构可能是引起心底水平旋转改变及心尖水平旋转进一步降低的重要因素。心肌纤维的特殊排列方式是心脏产生扭转运动的基础。左心室心肌分为3层,心外膜下心肌呈左手螺旋形斜行,心内膜下心肌呈右手螺旋形斜行,中层为环形心肌,沿左心室长轴垂直方向走形,3层心肌间又有心肌纤维相连[8-9]。由于心外膜下心肌和心内膜下心肌走形方向相反,两者收缩导致心肌旋转方向相反,而心外膜下心肌旋转扭矩大于心内膜下心肌,因此,心底及心尖水平旋转主要由心外膜下心肌收缩引起。即心外膜下心肌收缩引起心底顺时针方向旋转,心尖部逆时针方向旋转(从心尖部观察),两者形成类似拧毛巾的扭转运动。研究表明,心外膜下心肌与左心室长轴之间夹角影响左心室旋转。正常情况下,两者夹角约为60°。心肌梗死后左心室重构,左心室舒张末期内径逐渐扩大,心外膜下心肌与左心室长轴之间夹角增大,导致心底水平及心尖水平旋转降低。除此之外,非梗死心肌代偿性肥大,间质纤维化[10],梗死心肌瘢痕形成,以及手术引起心外膜-心包粘连[11],上述因素共同作用致使心底和心尖旋转进一步减低,但仍以心尖水平改变为主。心肌梗死后4周与8周比较,心底水平和心尖水平旋转无明显改变,提示左心室形态及功能改变趋于稳定。

二尖瓣口血流频谱是评价左心室舒张功能的常用指标,E/A≤1 提示舒张功能受损。本研究中心肌梗死4周后,二尖瓣口血流峰值速度 E、A 较术前减低,但 E/A 比值术后各时间点与术前比较均无明显差异,可能是 E/A 比值受心肌僵硬度等影响出现假性正常化的结果。解旋可反应左心室舒张功能。正常情况下解旋主要出现在等容舒张期,有助于左心室快速充盈。心肌梗死后 PButwV、PAutwV 及 PutwV 降低,TPKutw 延长,Iutw% 减低,提示左心室解旋速度减低,时间延后,等容舒张期解旋运动减弱,左心室舒张功能减退。解旋与细胞外基质内解旋力的快速释放和已缩短的肌小节恢复原有长度有关。舒张期解旋和收缩期旋转是一个连续的过程。左心室在收缩期旋转储存势能,为舒张期解旋准备[12]。心肌梗死后,心底及心尖水平收缩期旋转减低,继而导致舒张期解旋受损。

本研究中,SH 组出现术后 FS 一过性减低,可能与手术创伤引起左心收缩功能受损有关。MI 组心肌梗死后左心功能受损,表现为左心室 Ptw 和 PtwV 逐渐减低,且与 EF 改变呈正相关,提示 Ptw 和 PtwV 能较好地反映心肌梗死后左心室功能的变化。如前所述,左心室扭转由心底部和心尖部反向旋转形成,但两者对左心室扭转产生的作用不一样。相对于心底而言,心尖部旋转对维持左心室扭转更为重要[13]。心肌梗死后,PAr、PArV、PAutwV 以及 Ptw、PtwV、PutwV 改变趋势一致,提示心肌梗死后左心室整体扭转的改变主要由心尖部旋转减低引起。

心肌梗死后左心室心尖水平旋转呈进行性减低,其减低程度较心底水平明显,且出现时间早。左心室整体扭转和解旋功能受损主要由心尖部旋转和解旋减低引起。本研究中心肌梗死的部位主要为左心室前侧壁和心尖部,对其他部位心肌梗死后左心室扭转的演变有待进一步研究。

参考文献:

[1] Toumanidis S T, Kaladaridou A, Bramos D, *et al*. Apical rotation as an early indicator of left ventricular systolic dysfunction in acute anterior myocardial infarction: experimental study[J]. Hellenic J Cardiol, 2013, 54(4): 264-272.

[2] Moen C A, Salminen P R, Grong K, *et al*. Left ventricular strain, rotation, and torsion as markers of acute myocardial ischemia[J]. Am J Physiol Heart Circ Physiol, 2011, 300(6): H2142-H2154.

[3] Jang J Y, Woo J S, Kim W S, *et al*. Serial assessment of left ventricular remodeling by measurement of left ventricular torsion using speckle tracking echocardiography in patients with acute myocardial infarction[J]. Am J Cardiol, 2010, 106(7): 917-923.

[4] 蒋映丰, 周启昌, 唐中华, 等. 速度向量成像技术评价表阿霉素复合药物所致早期心肌损害[J]. 中南大学学报: 医学版, 2013, 38(4): 376-382.

[5] Govind S C, Gadiyaram V K, Quintana M, *et al*. Study of left ventricular rotation and torsion in the acute phase of ST-elevation myocardialinfarction by speckle tracking echocardiography[J]. Echocardiography, 2010, 27(1): 45-49.

[6] Skyschally A, Schulz R, Heusch G. Pathophysiology of myocardial infarction: protection by ischemic pre- and postconditioning[J]. Herz, 2008, 33(2): 88-100.

[7] 蒋清安, 何国祥, 刘建平, 等. 一种新的非人工通气兔心肌梗死模型的制作[J]. 第三军医大学学报, 2008, 30(5): 406-409.

[8] Nakatani S. Left ventricular rotation and twist: why should we learn?[J]. J Cardiovasc Ultrasound, 2011, 19(1): 1-6.

[9] Ballester M, Ferreira A, Carreras F. The myocardial band[J]. Heart Fail Clin, 2008, 4(3): 261-272.

[10] Karaahmet T, Gurel E, Tigen K, *et al*. The effect of myocardial fibrosis on left ventricular torsion and twist in patients with non-ischemic dilated cardiomyopathy[J]. Cardiol J, 2013, 20(3): 276-286.

[11] Alharthi M S, Jiamsripong P, Calleja A, *et al*. Selective echocardiographic analysis of epicardial and endocardial left ventricular rotational mechanics in an animal model of pericardial adhesions[J]. Eur J Echocardiogr, 2009, 10(3): 357-362.

[12] 张轶, 周启昌, 陈红天, 等. 速度矢量成像评价年龄对左室扭转-位移环的影响[J]. 中南大学学报: 医学版, 2013, 38(8): 798-803.

[13] Deng Y, Pandit A, Heilman R L, *et al*. Left ventricular torsion changes post kidney transplantation[J]. J Cardiovasc Ultrasound, 2013, 21(4): 171-176.

(收稿:2014-03-26;修回:2014-06-24)

(编辑 王 红)