



先进的心脏成像技术（心脏MRI和超声心动图） 在评价急性心肌梗塞结构和功能改变中的应用

意大利帕多瓦大学，心胸及血管科系

Sabino Iliceto



心脏磁共振成像= 心脏的病理（在活体内）

超声心肌应变成像= 心脏的生理（在活体内）

长时间的心肌缺血



水肿



瘢痕

(波阵面现象)



微血管阻塞



出血

病理生理学/ 预后意义



心肌存活
左室重构



左室心律失常

长时间的心肌缺血



水肿



瘢痕

(波阵面现象)



微血管阻塞



出血

病理生理学/ 预后意义



心肌存活

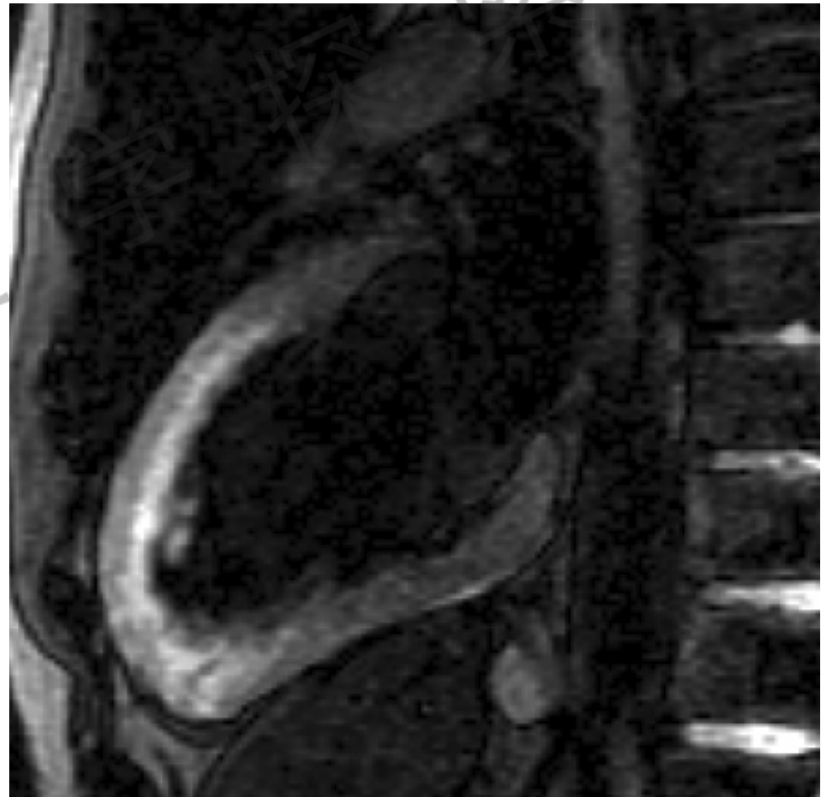
左室重构

左室心律失常

用心脏MRI进行心肌水肿的定位和定量检测

蕴含的信息：

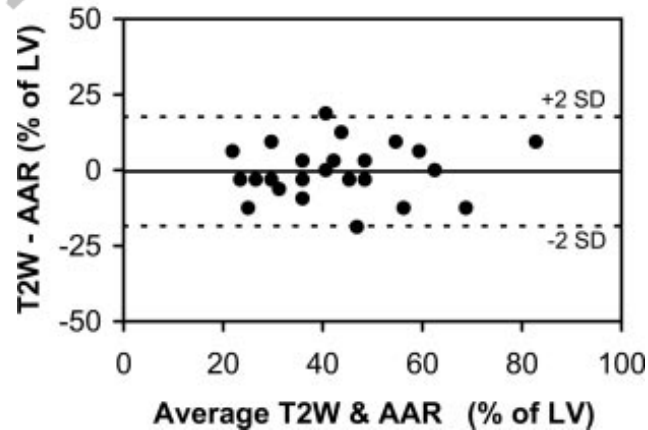
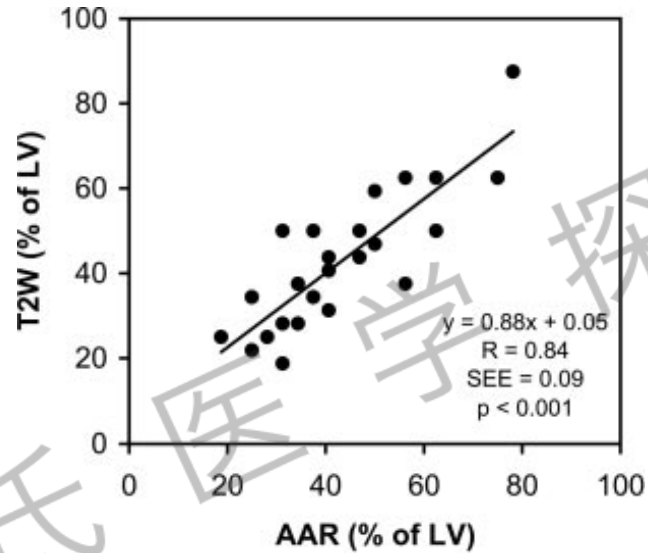
- 诊断学方面的
- 机械力学方面的
- 电生理学方面的



用T2W心脏磁共振成像对具有再灌注心肌梗塞风险的区域进行回顾性测定：组织病理学和受激回波位移编码技术（DENSE）功能验证

Aletras A.H, *Circulation* 2006

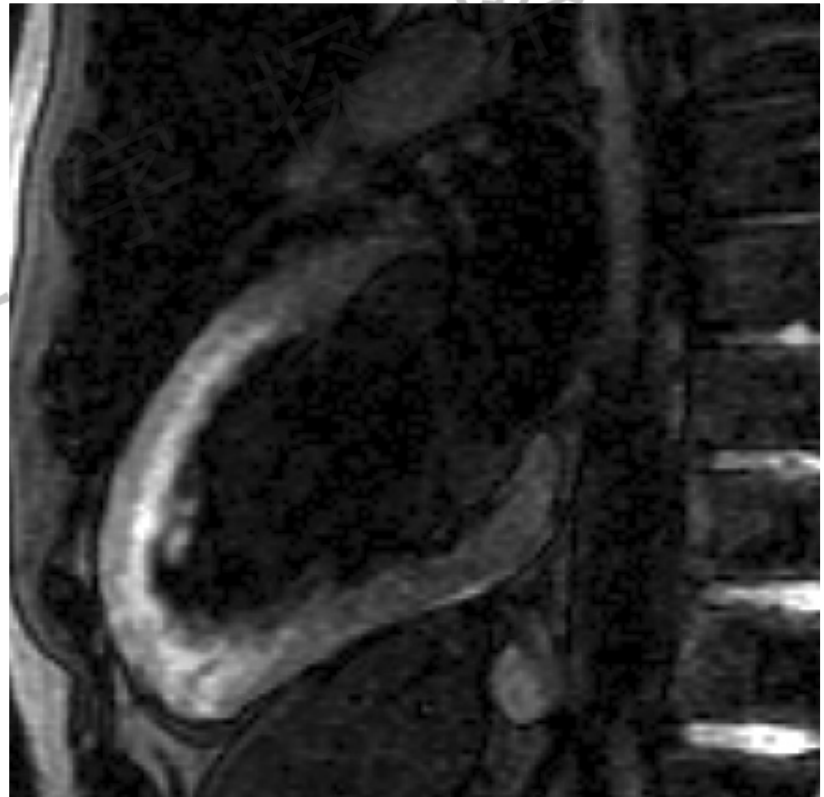
- 17 只狗
- 90' 阻塞 + 再灌注
- AAR (微球体)
- AAR (MRI - T2)



用心脏MRI进行心肌水肿的定位和定量检测

蕴含的信息：

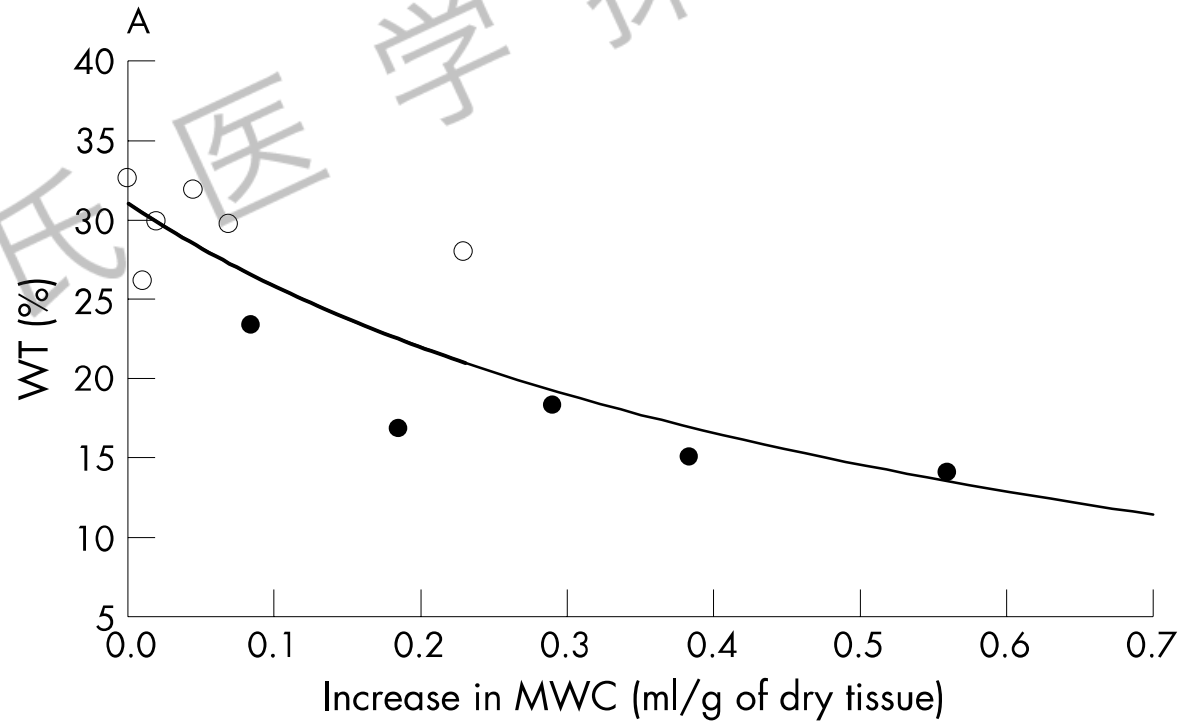
- 诊断学方面的
- 机械力学方面的
- 电生理学方面的



由肌纤维水肿引起的缺血后心肌功能紊乱（心肌顿抑）

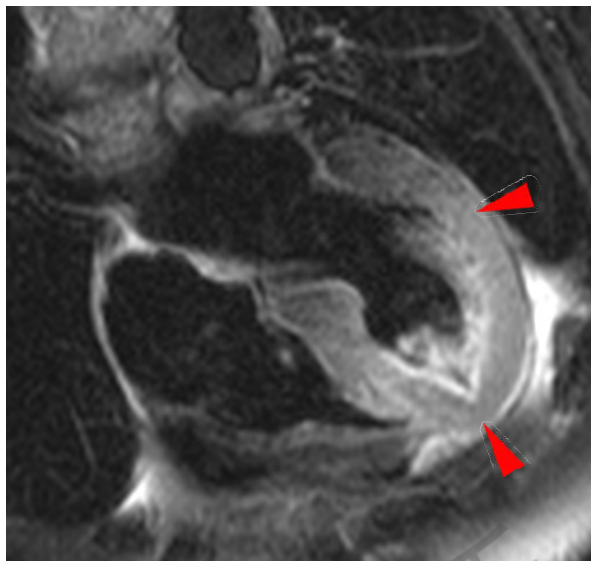
Bragadeesh T, Heart 2008

- 15 只猪
- 缺血 + 再灌注
- 心肌含水量 (MWC)
- 左室中壁应变 (Ecc)
- 壁增厚 (WT)

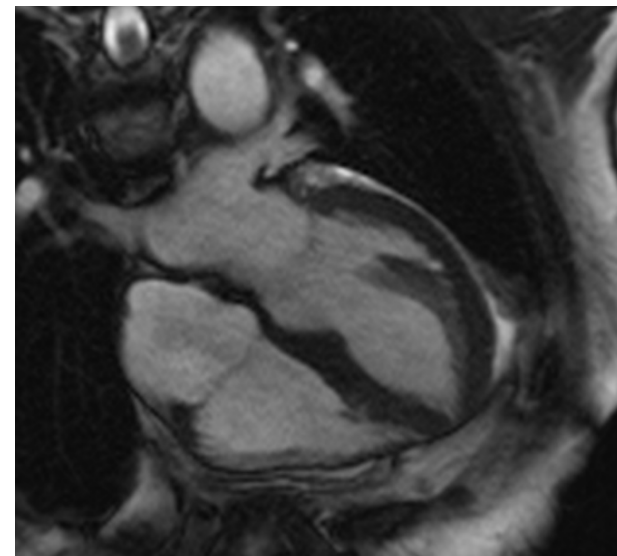
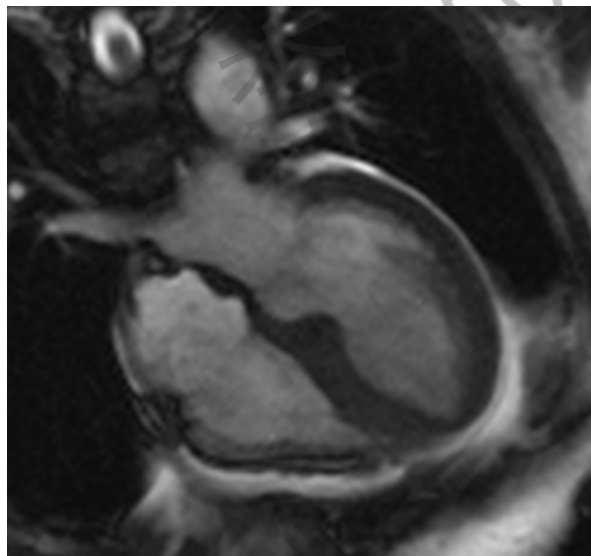
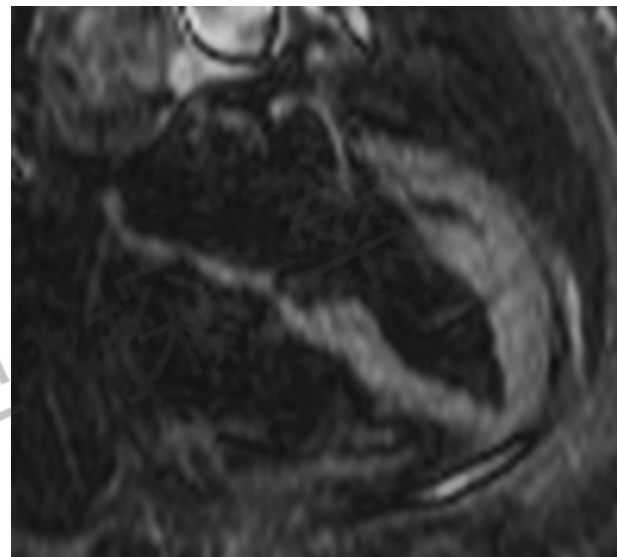


急性心肌梗塞相关心肌水肿

急性扫描



亚急性扫描



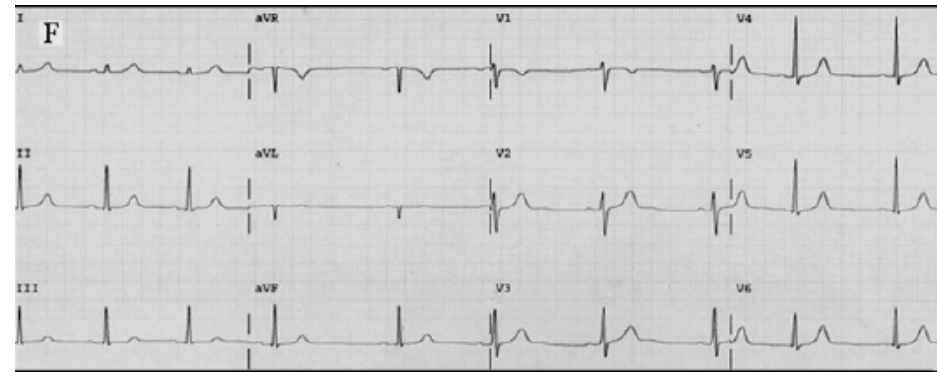
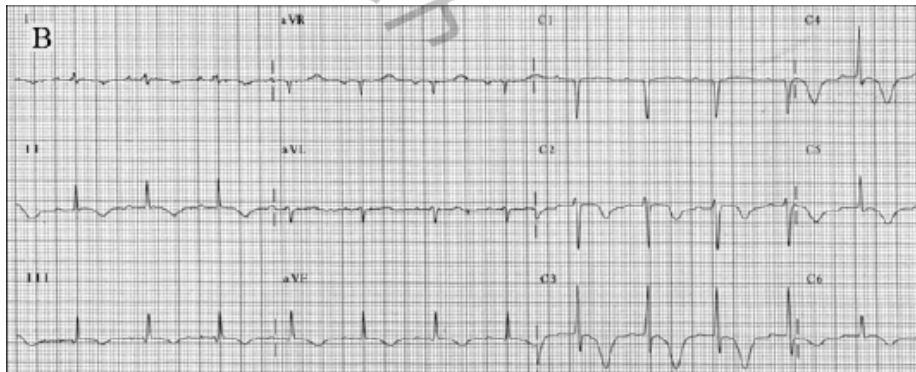
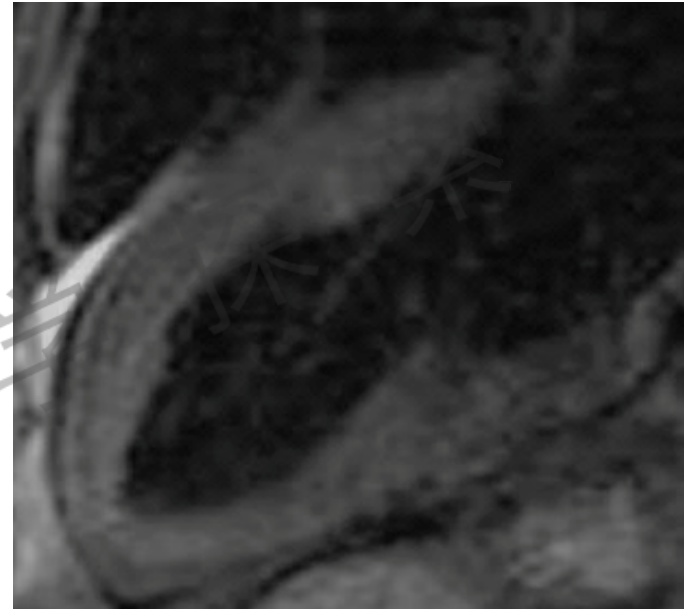
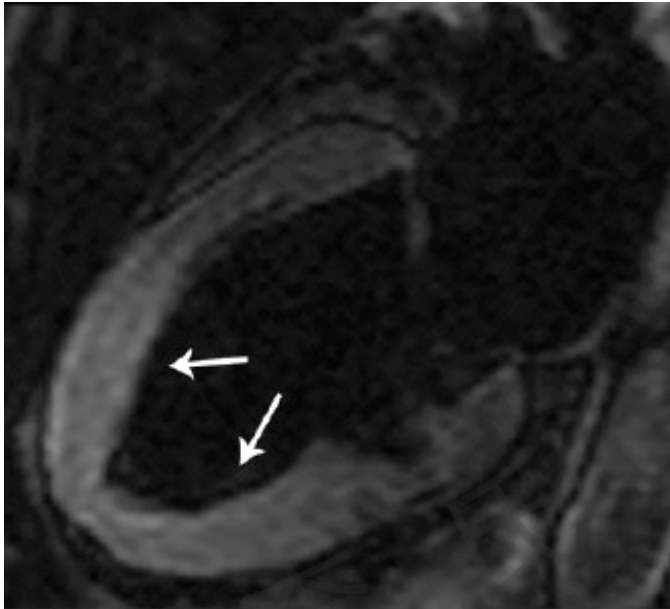
用心脏MRI进行心肌水肿的定位和定量检测

蕴含的信息：

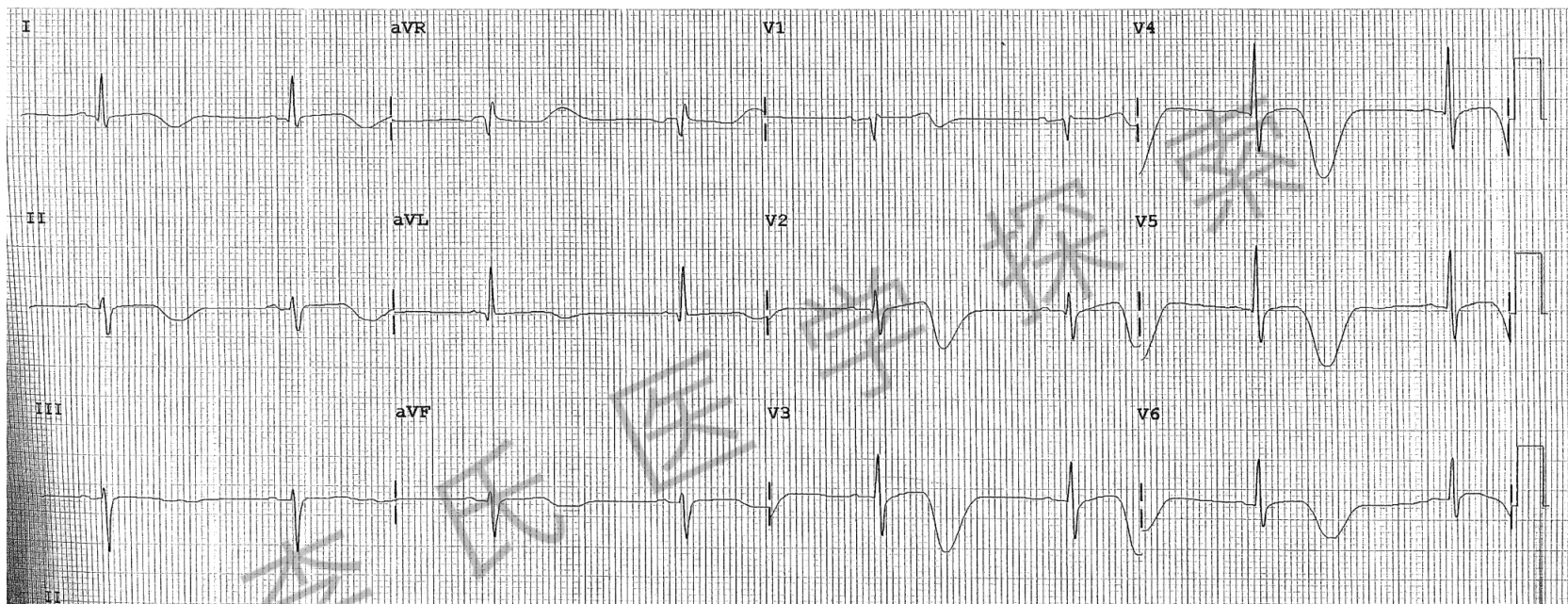
- 诊断学方面的
- 机械力学方面的
- 电生理学方面的



急性缺血期间的水肿消退和心电图变化



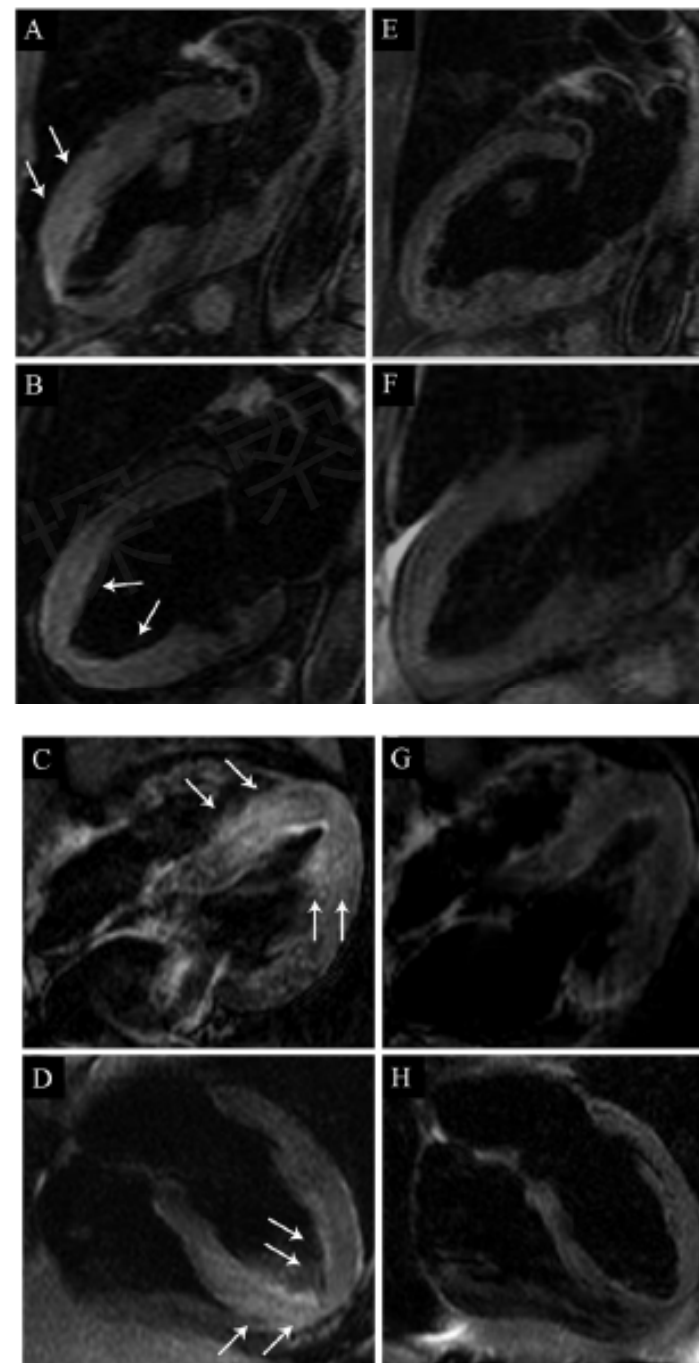
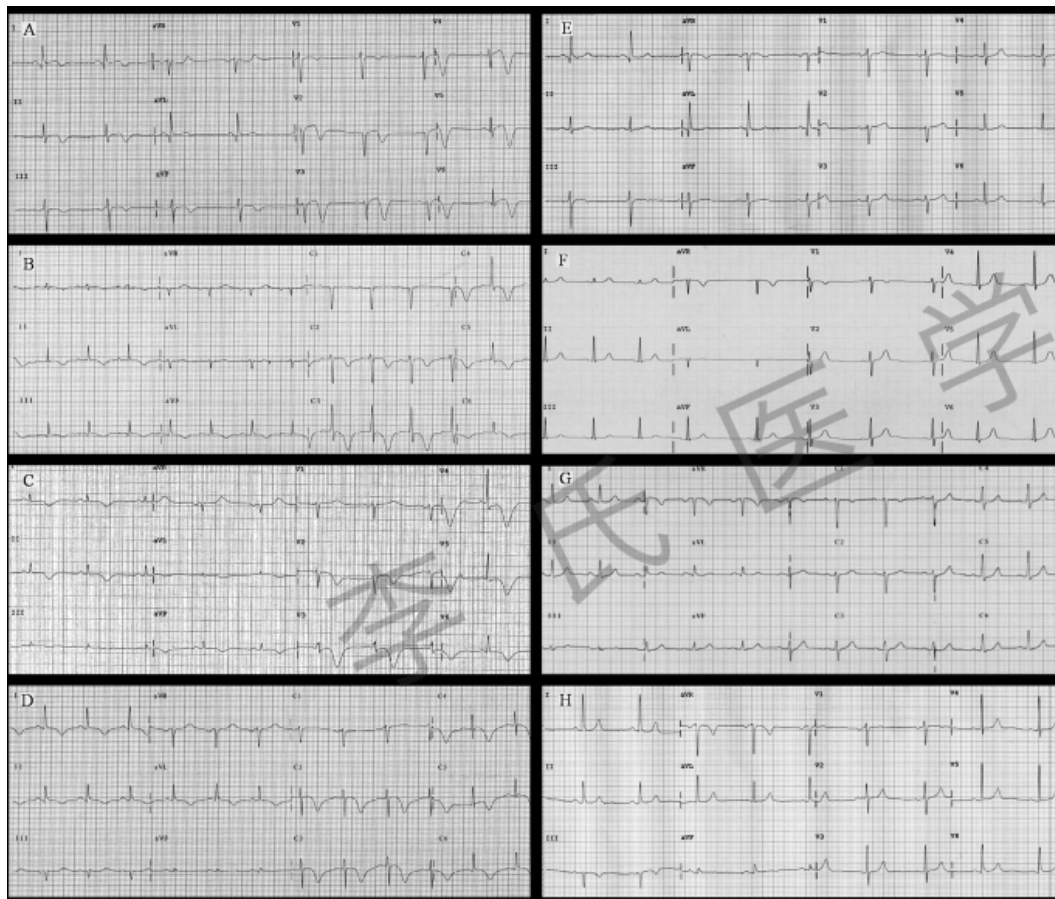
Wellens' 心电图模式:动态T波倒置和QT间期延长



激发我们进行研究的病例

近冠状动脉左前降支亚阻塞后出现动态深倒置T波和QT间期延长的61岁患者。众所周知，这是Wellens' 心电图模式，通常它被视作心肌晕厥的标志。Wellens' 心电图模式是透壁性心肌缺血后观察到的典型的心电图模式。

在心脏磁共振成像中，出现动态T波倒置和透壁性心肌水肿的4个病例

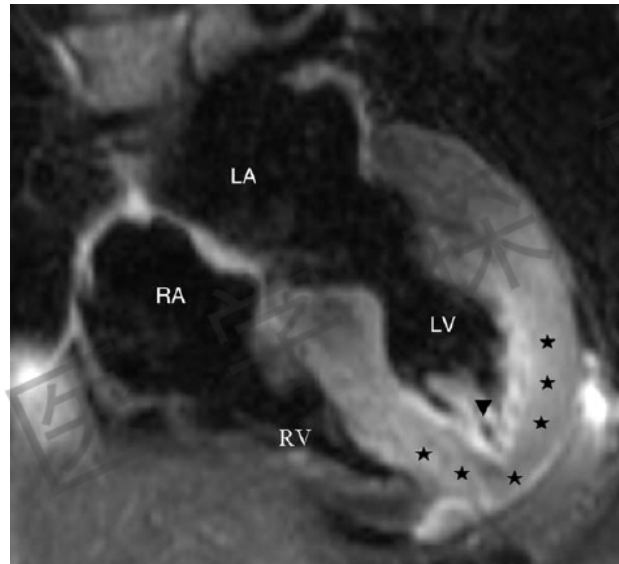
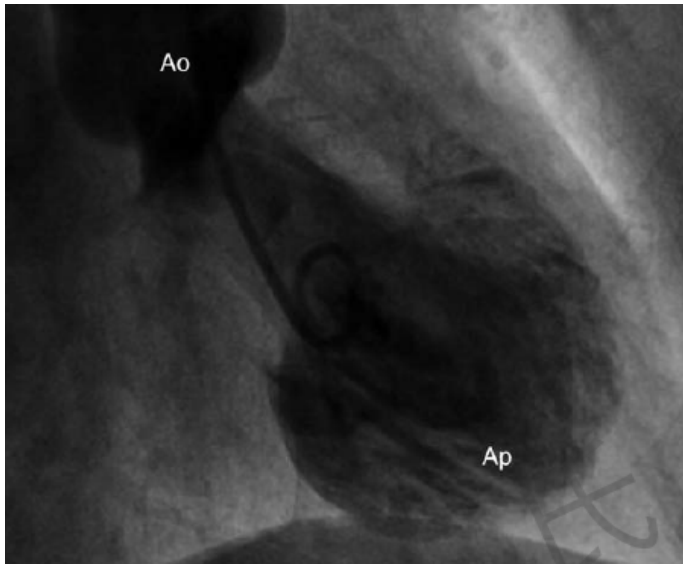


急性期：负向T波 → 水肿

随访期：正常T波 → 正常的心脏磁共振成像

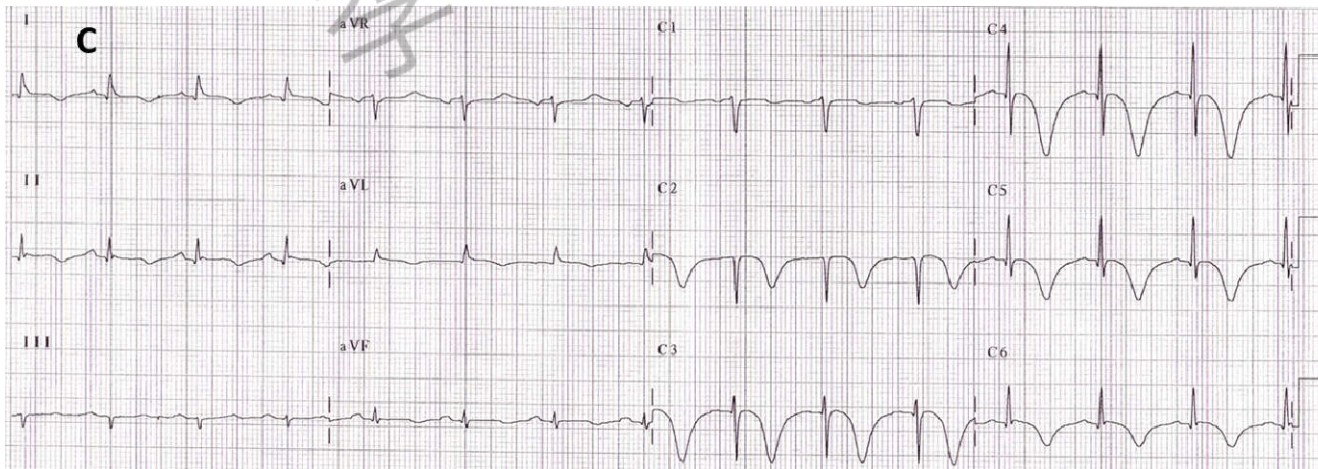
TakoTsubo 心肌病 (心肌球形综合征)

是一种将复极异常同心肌水肿联系起来的试验模型



典型的TAKOTSUBO 特征如下:

- 1) 左室中段-心尖瞬态运动异常 (心肌顿抑)
- 2) 涉及运动异常左室部位的透壁性心肌水肿
- 3) 动态心电图异常: T-波倒置/QT间期延长



长时间的心肌缺血



水肿



瘢痕

(波阵面现象)



微血管阻塞



出血

病理生理学/ 预后意义

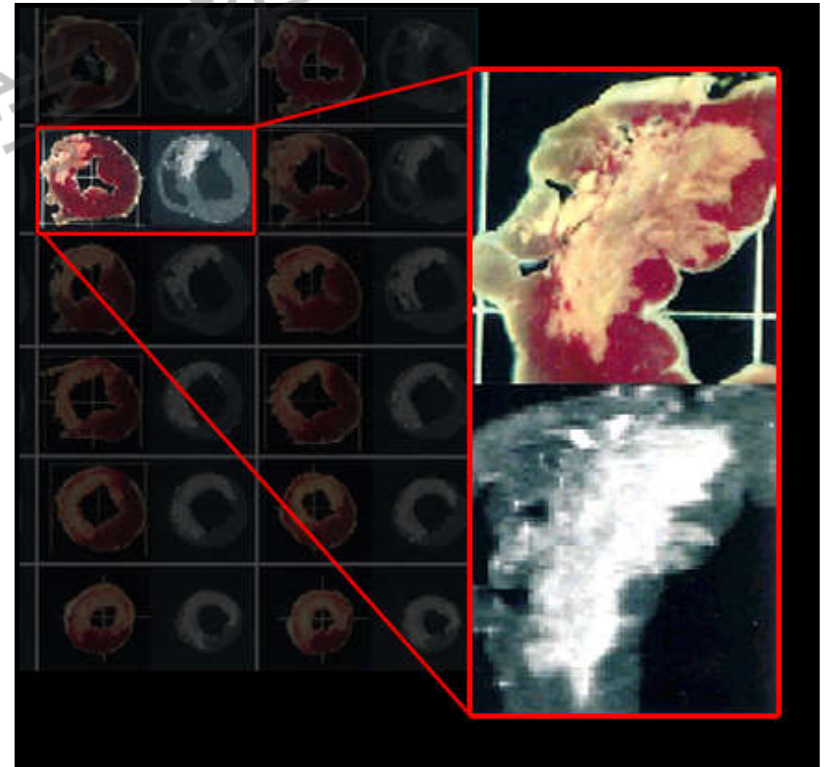
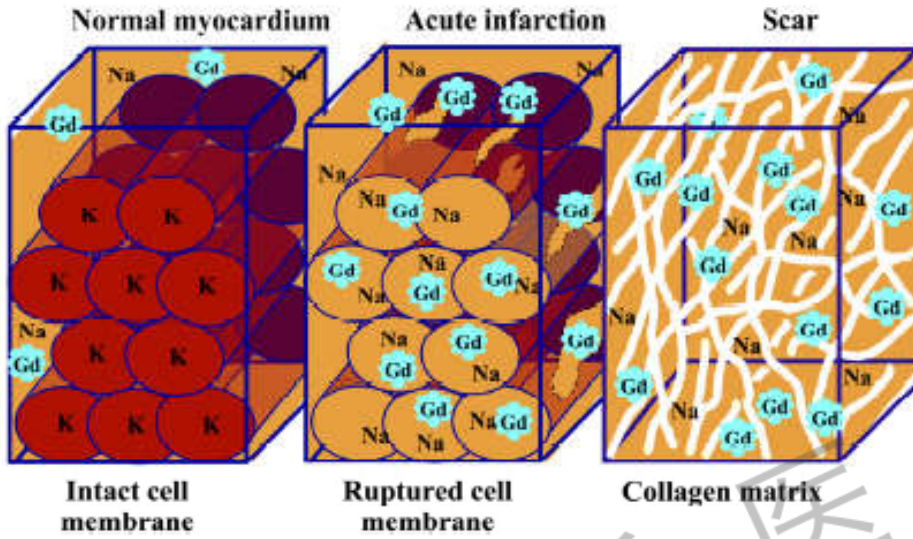


心肌存活

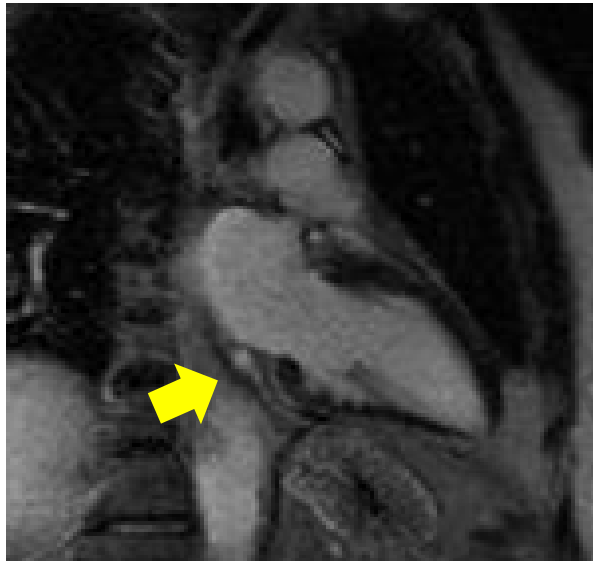
左室重构

左室心律失常

钆剂延迟增强



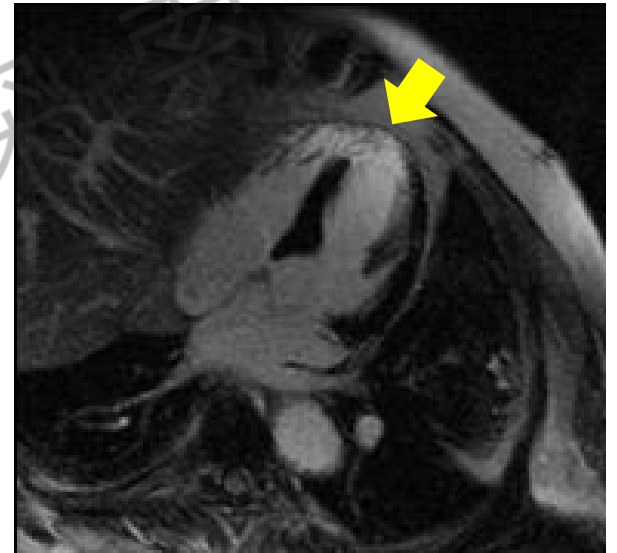
由心脏MRI检测到的不同心肌梗死透壁情况



0-25%



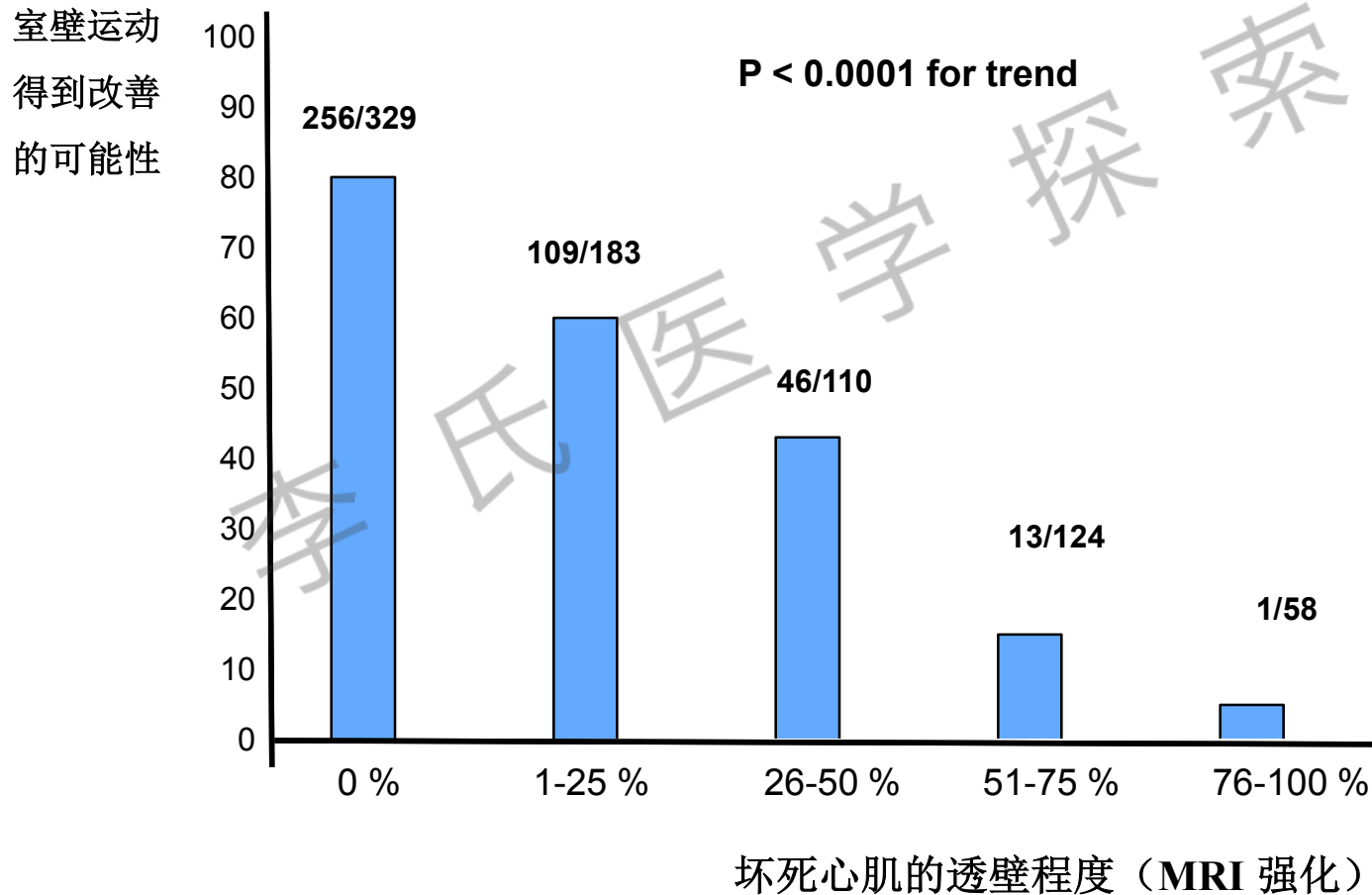
25-50%



100%

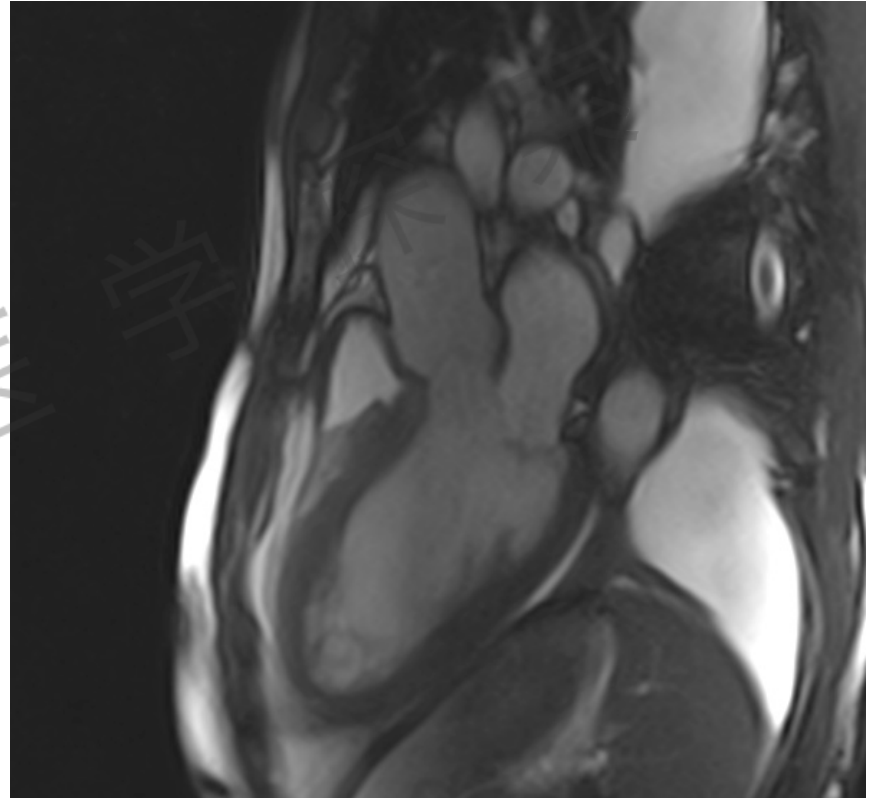
预测室壁运动改善情况

Raymond J. Kim; NEJM 2000;343:1445-53



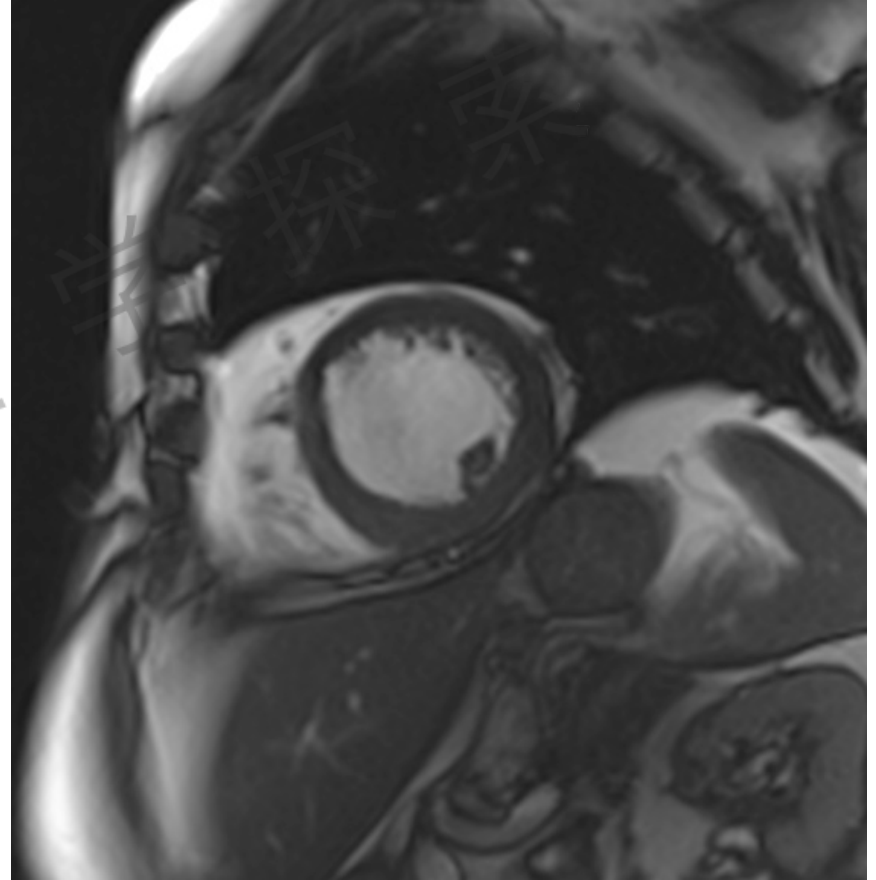
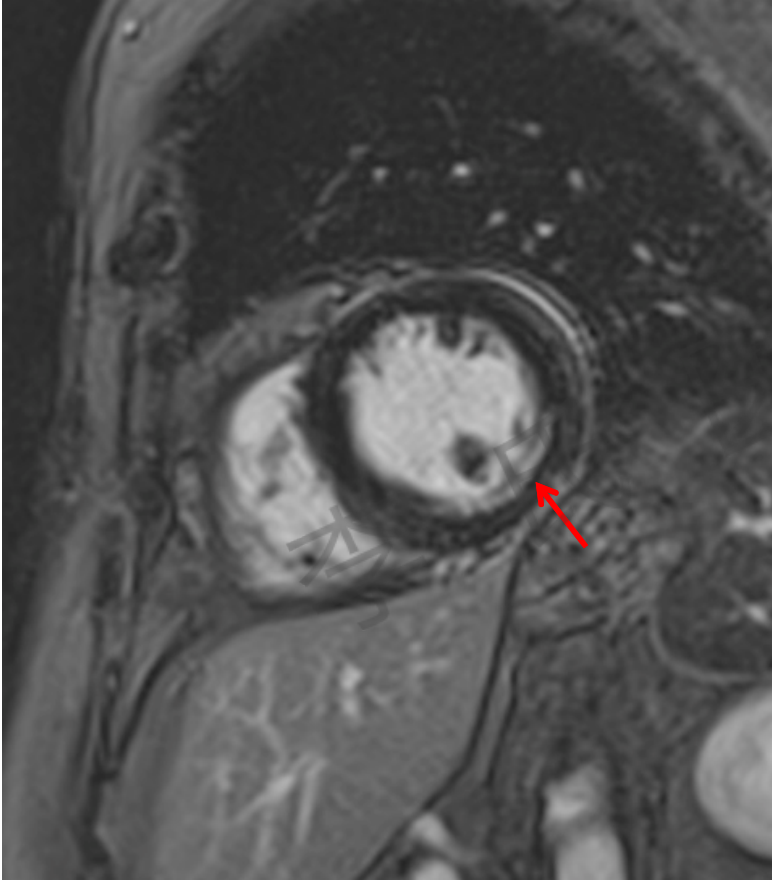
急性ST段抬高型心肌梗死

伴有微血管阻塞的透壁性瘢痕



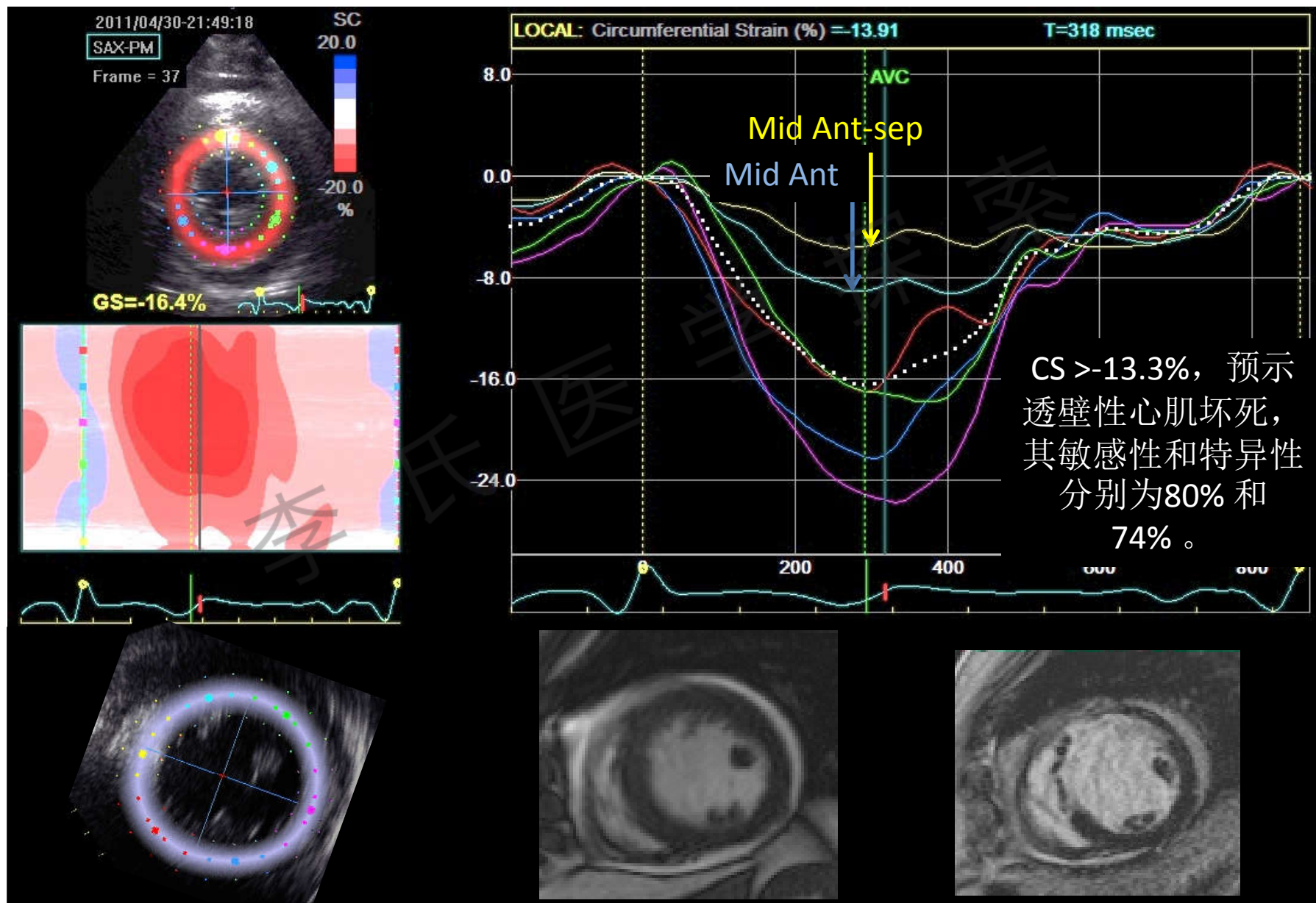
急性ST段抬高型心肌梗死

心内膜下瘢痕



在急性ST段抬高型心肌梗死中，相较于纵向应变，节段轴向应变能更好地区分心内膜下坏死和透壁性心肌坏死

Sjøli B, JACCi 2009



长时间的心肌缺血



水肿



瘢痕

(波阵面现象)



微血管阻塞



出血

病理生理学/ 预后意义

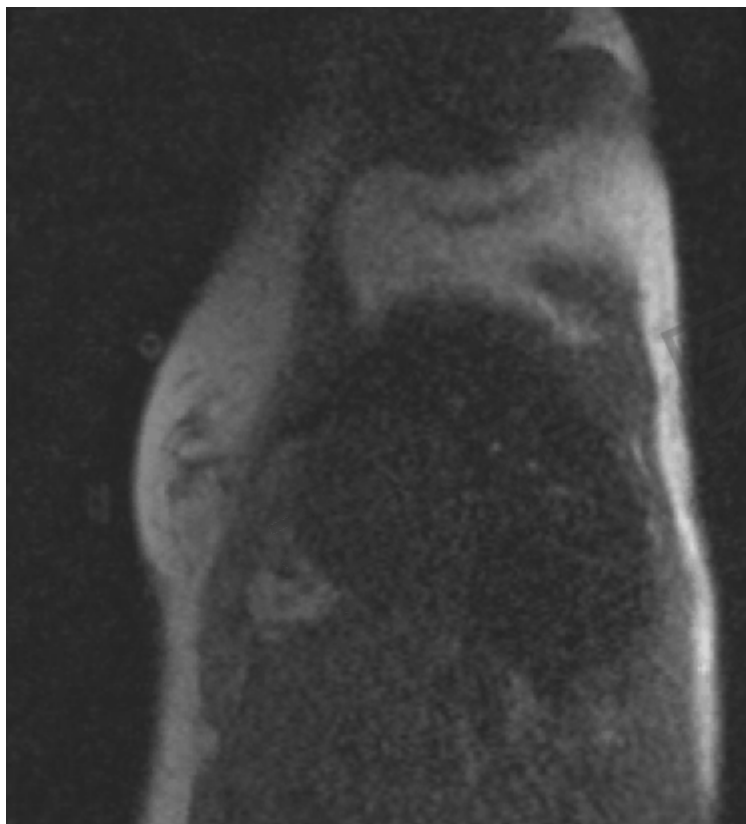


心肌存活
左室重构

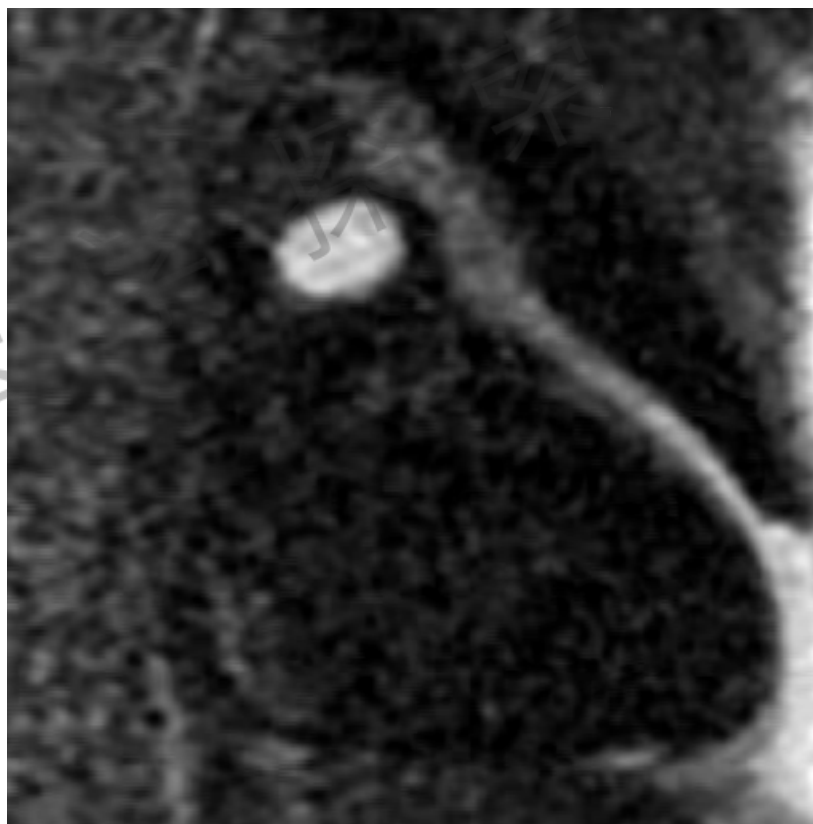


左室心律失常

MRI “首过”序列



正常



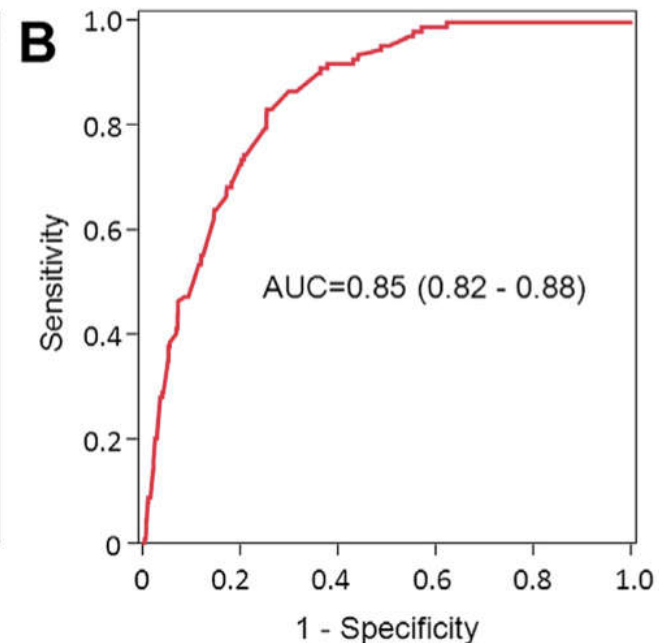
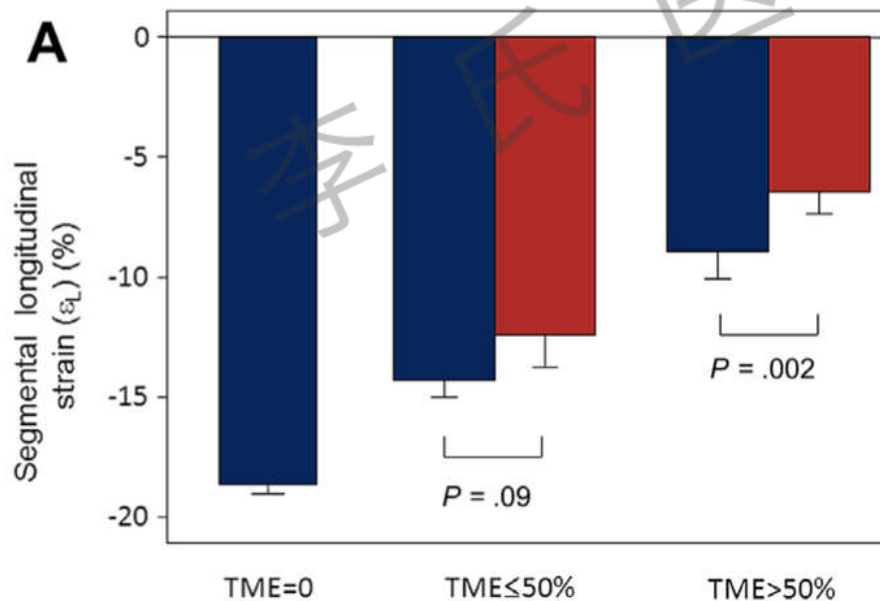
冠状动脉阻塞

在心肌梗死急性期，微血管阻塞对局部心肌变形的影响

Bergerot C, JASE 2014

对69例初发急性心梗后72h的患者的超声斑点追踪显像和LGE-CMR研究

- 在心肌梗塞急性期，除梗塞面积外，微血管阻塞的存在也显著改变了节段和整体纵向应变（LS）。
- LS值 $> 12.5\%$ 预示微血管阻塞（MVO）的存在，其敏感性和特异性分别为**83%**和**75%**。



心肌损伤（由MRI检测到的IS，特别是MVO）提供除临床风险评分和左室射血分数外的独立的、增加的预后信息

Eitel I et al, JACC 2014

738 名来自8家中心的STEMI患者 心梗后1-10天进行MRI检测。

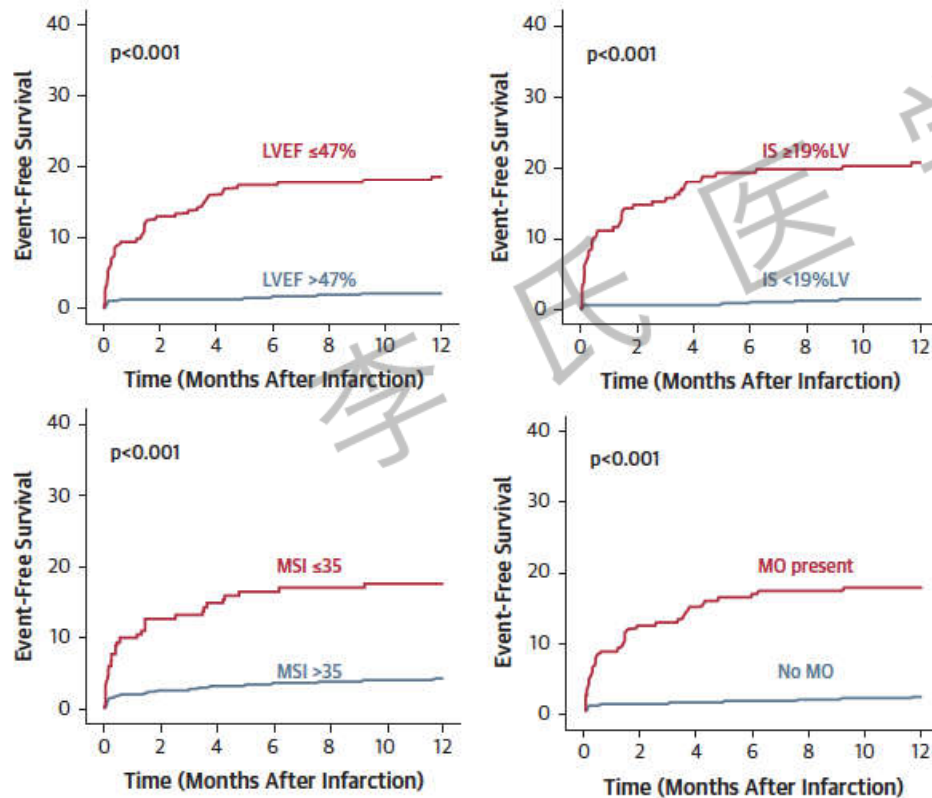


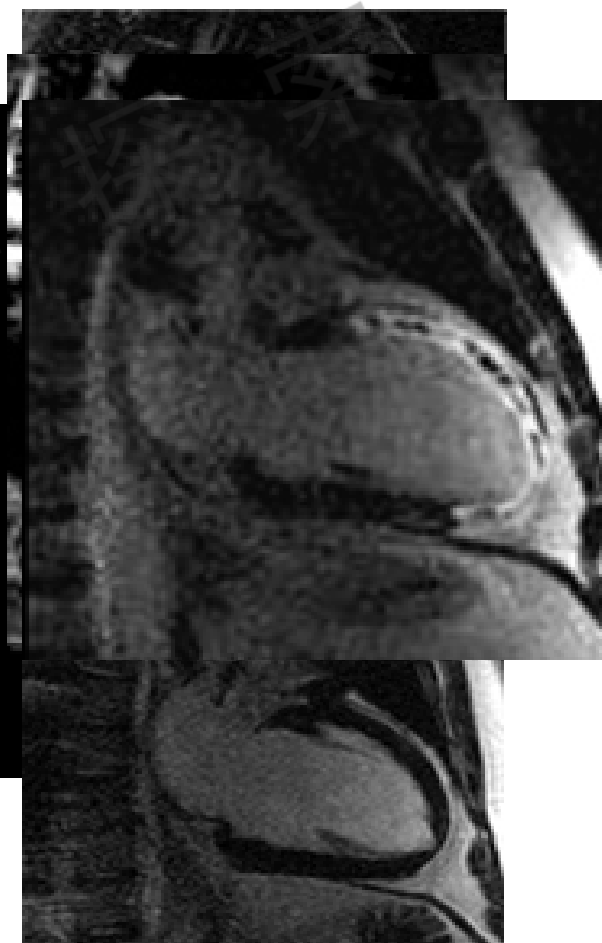
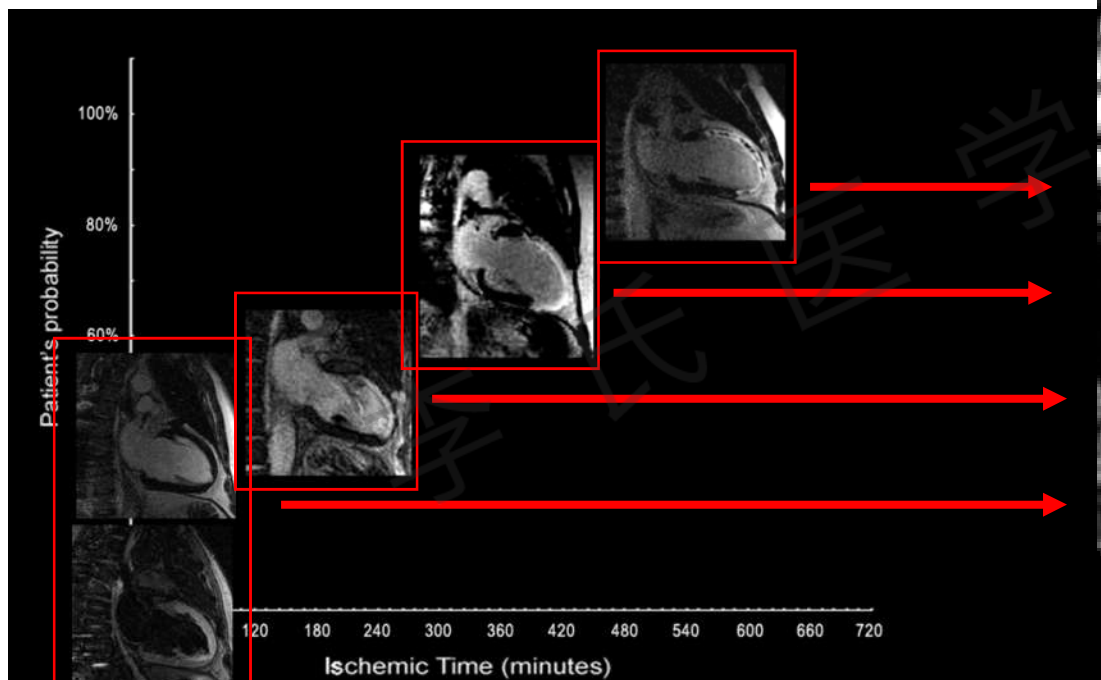
TABLE 2 Predictors of MACE in Univariate and Multivariate Cox Regression Analysis

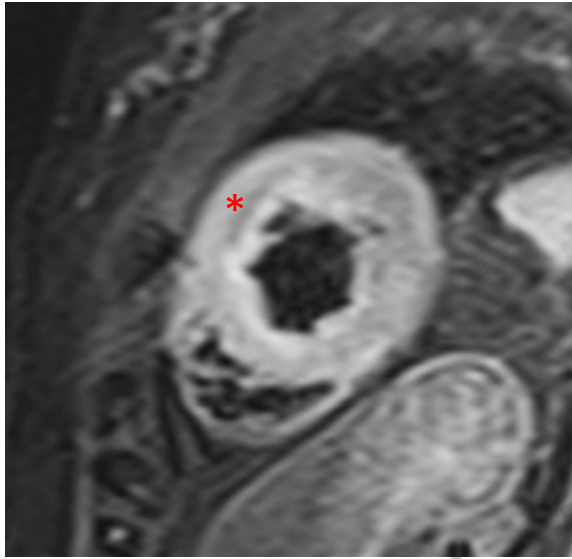
	Univariate Analysis		Stepwise Multivariate Analysis	
	Hazard Ratio (CI)	p Value	Hazard Ratio (CI)	p Value
Smoker	2.14 (1.12-4.1)	0.021	—	—
Number of diseased vessels	1.42 (1.07-1.89)	0.017	—	—
Peak CK	1.01 (1.00-1.02)	0.022	—	—
TIMI risk score	1.41 (1.27-1.58)	<0.001	1.24 (1.08-1.44)	0.03
LV ejection fraction $\leq 47\%$	4.38 (2.49-7.71)	<0.001	—	—
Infarct size $\geq 19\% LV$	5.41 (2.78-10.53)	<0.001	—	—
MO $\geq 1.4\% LV$	5.62 (3.12-10.12)	<0.001	3.63 (1.35-7.90)	0.004

CI = confidence interval; LV = left ventricular; MO = microvascular obstruction; other abbreviations as in Table 1.

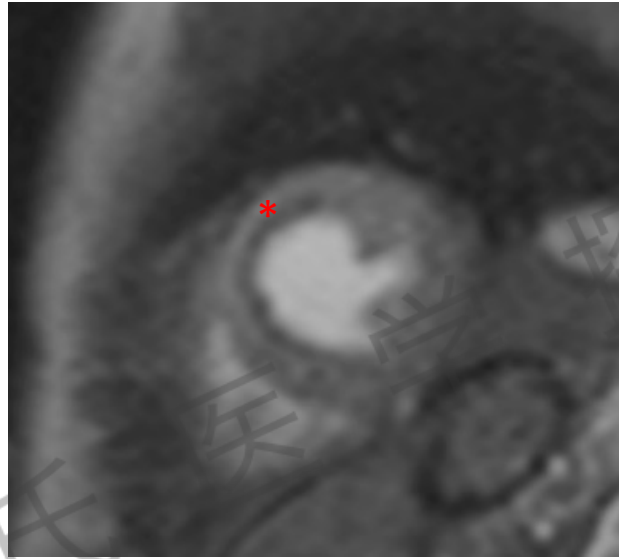
缺血持续时间是PTCA术后用MRI评价微血管阻塞的主要决定因素

G.Tarantini et Al, JACC, 2005

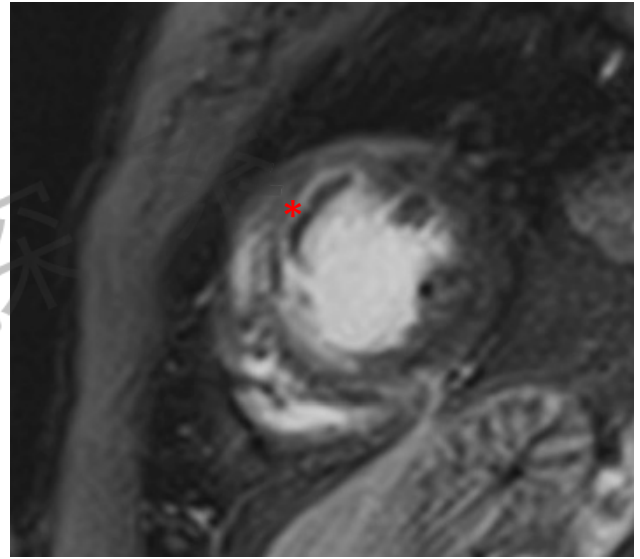




水肿



首过序列



延迟增强序列

长时间的心肌缺血



水肿



瘢痕

(波阵面现象)



微血管阻塞



出血

病理生理学/ 预后意义



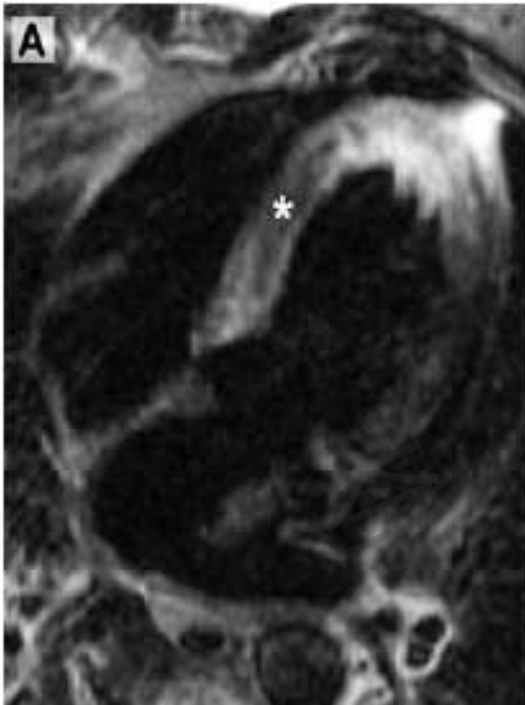
心肌存活

左室重构

左室心律失常

严重的微血管损伤和低（信号）增强核心

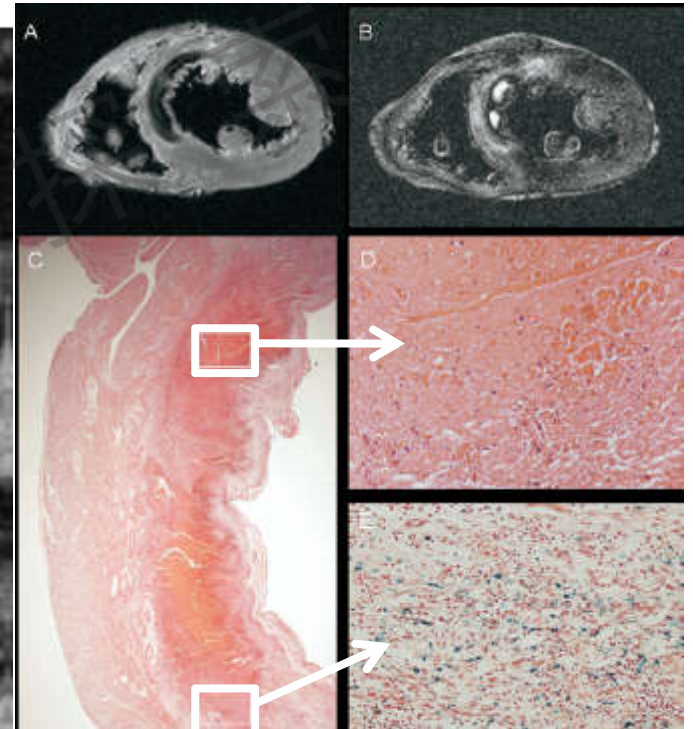
Basso C - Am J Cardiol 2007;100:1322-1327



活体MRI
在危险区域（明亮信号）的
低增强核心
T2加权序列



活体MRI
延迟低增强区域
T1 IR 序列



长时间的心肌缺血



水肿



瘢痕

(波阵面现象)



微血管阻塞



出血

病理生理学/ 预后意义



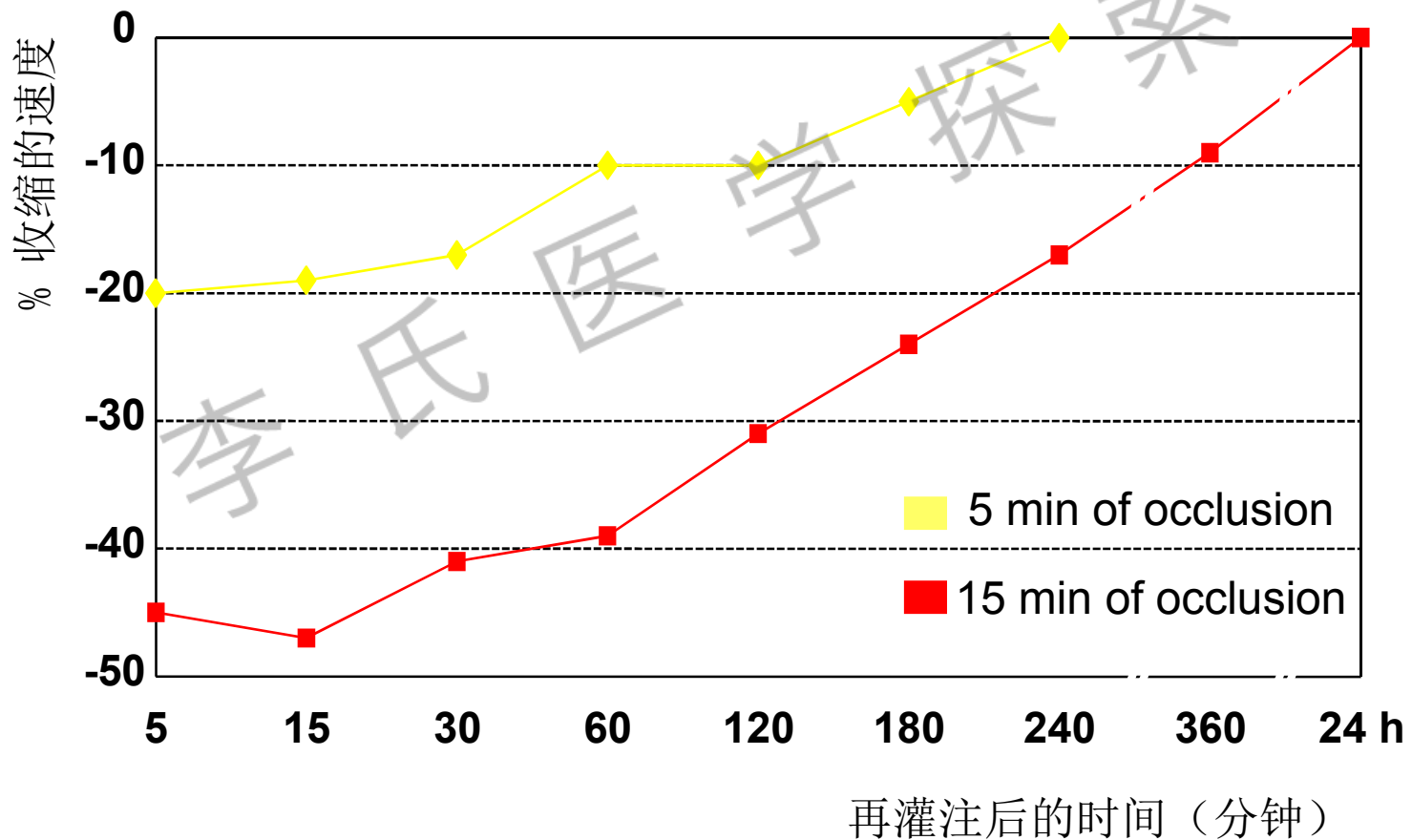
心肌存活

左室重构

左室心律失常

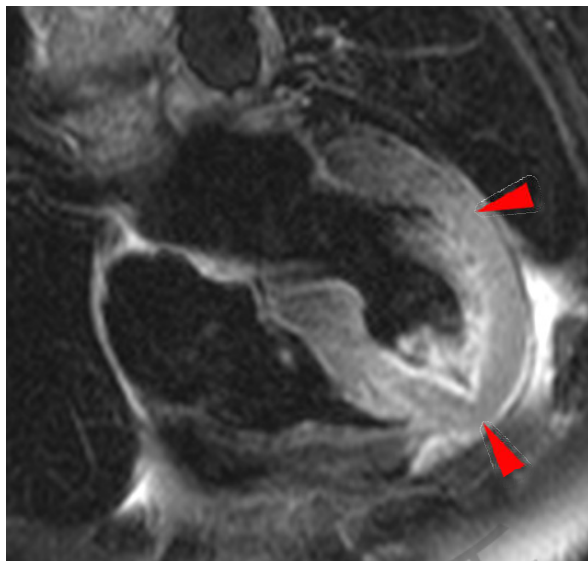
一群有意识的试验狗，在冠状动脉闭塞后局部的心肌功能上和电生理学上的改变

G.R. Heyndrickx J.Cl.Invest 56:978,1975

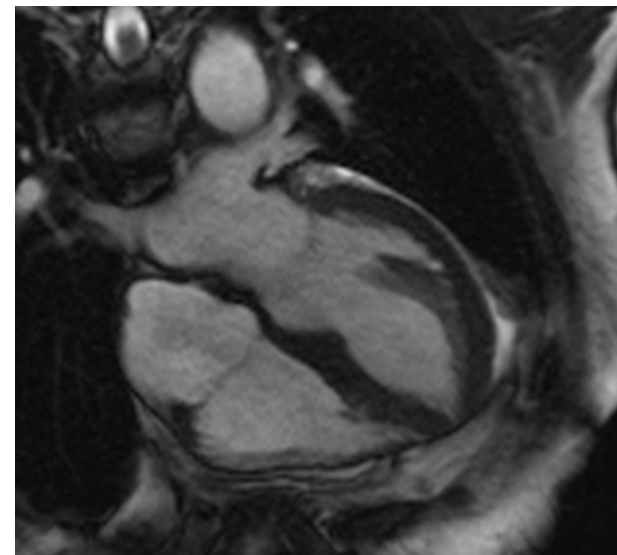
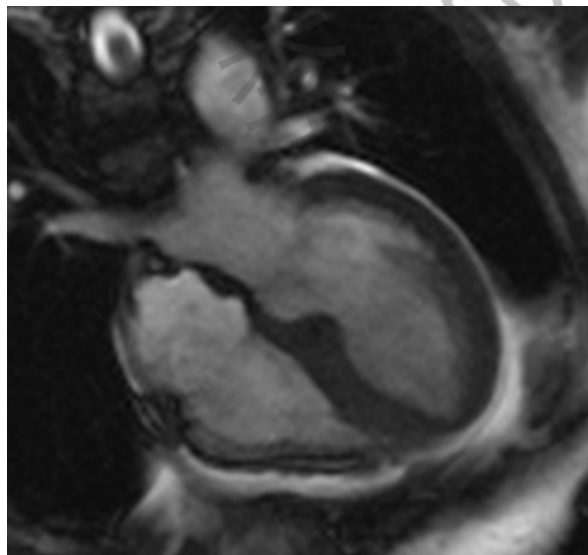
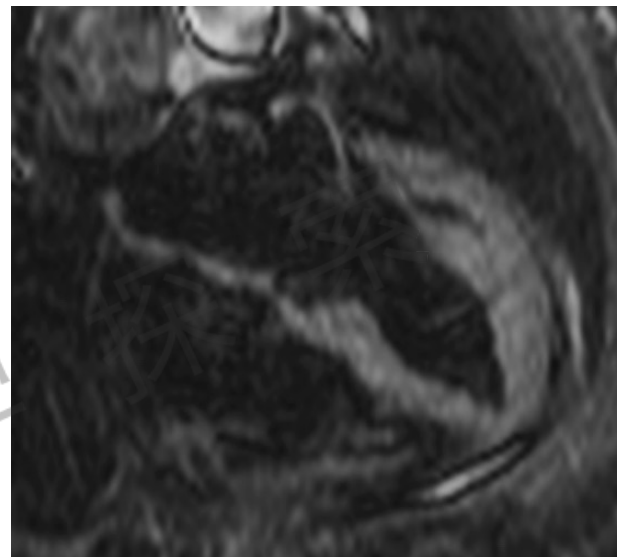


存活力：心肌水肿

急性瘢痕

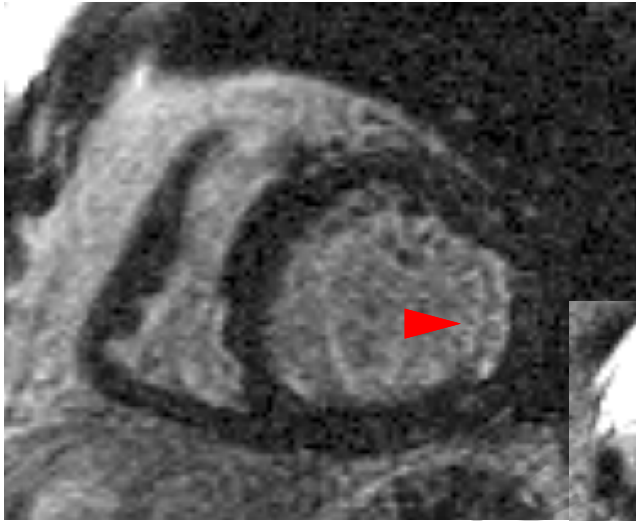


亚急性瘢痕



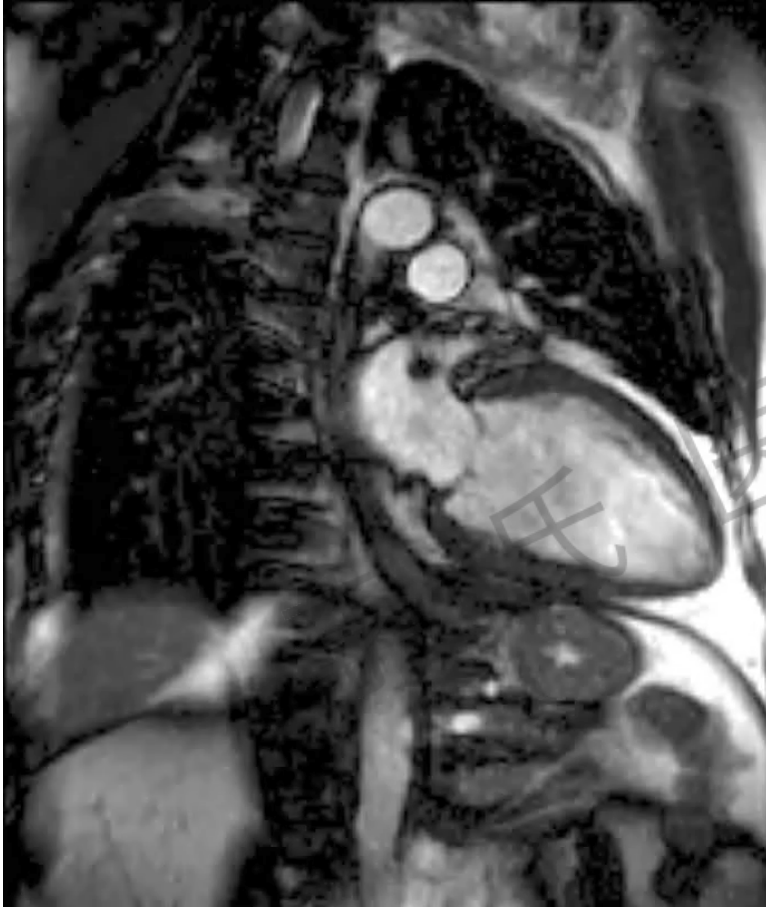
非透壁性瘢痕和心肌存活力

造影后序列



非透壁性瘢痕和心肌存活力

CABG术前

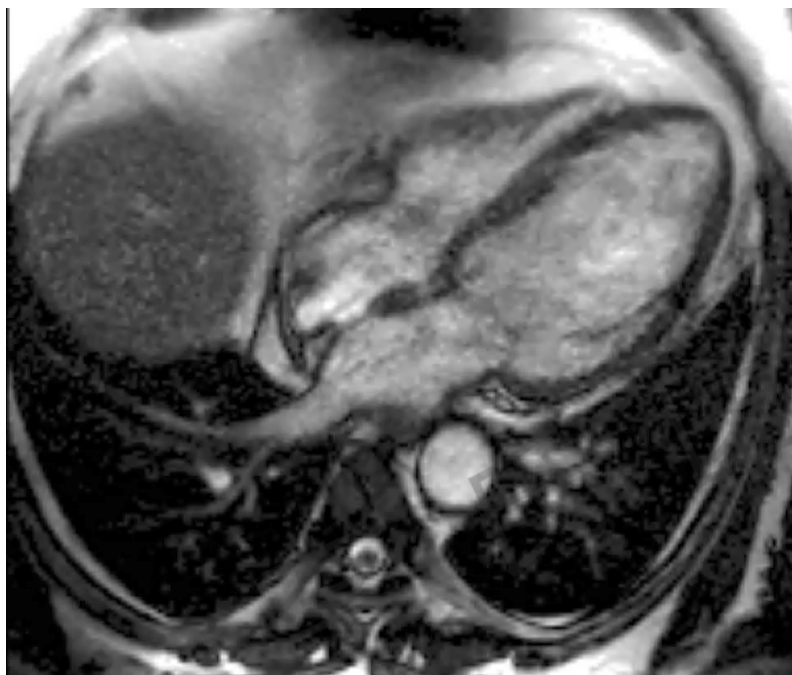


CABG术后

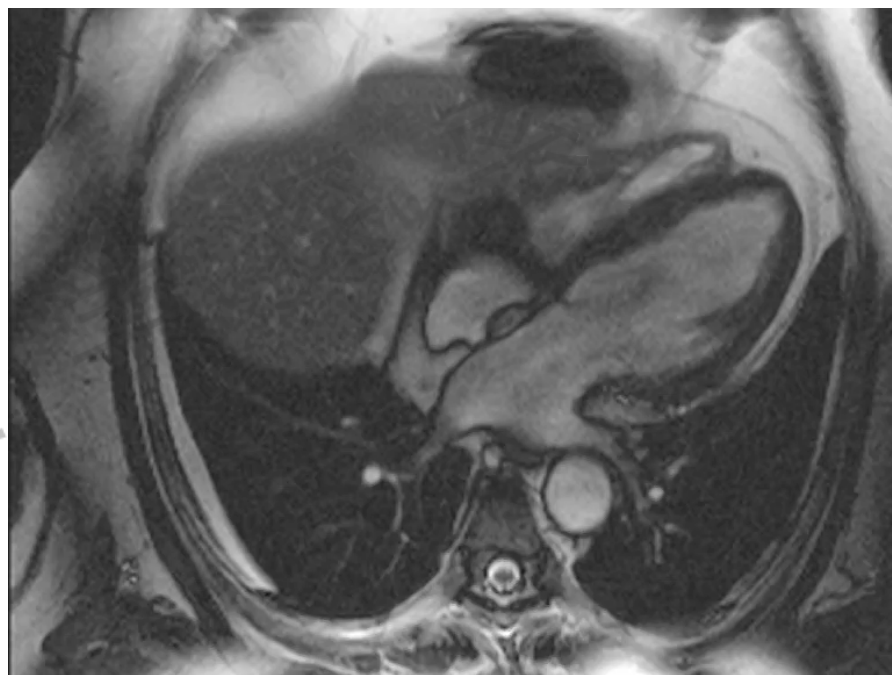


非透壁性瘢痕和心肌存活力

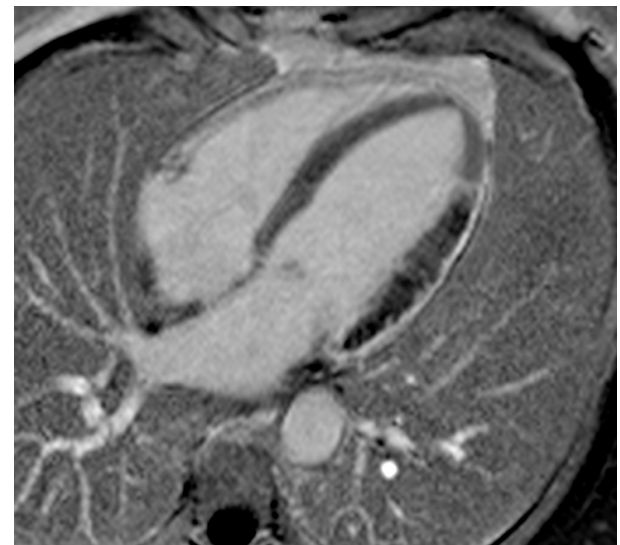
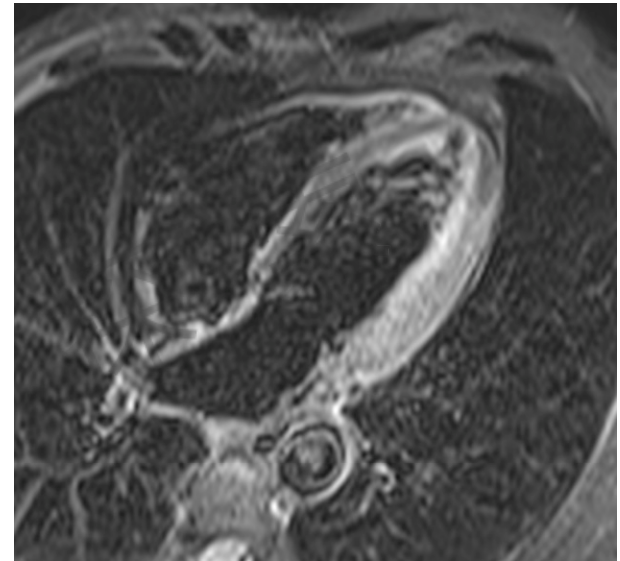
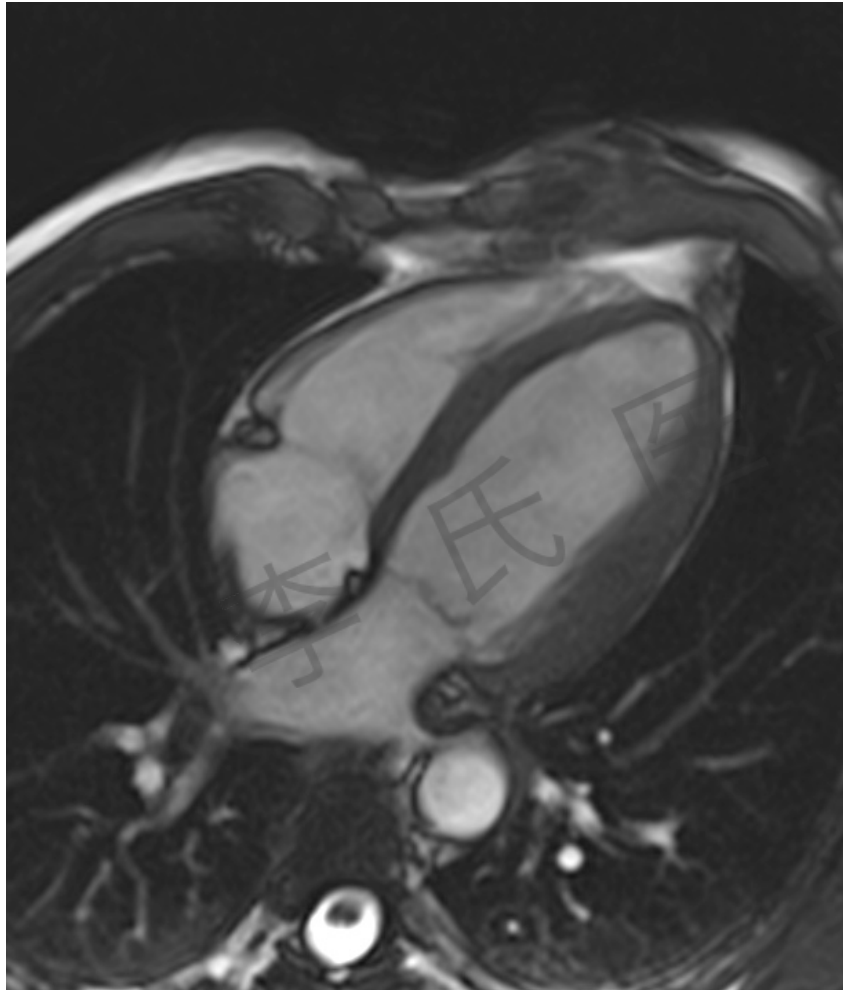
CABG术前



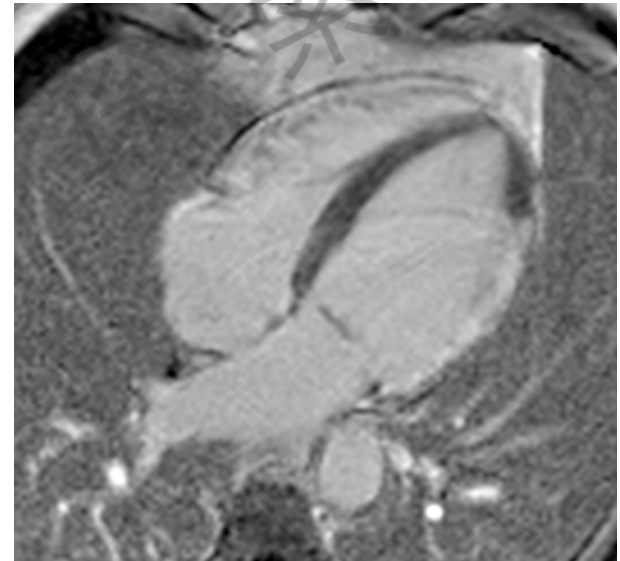
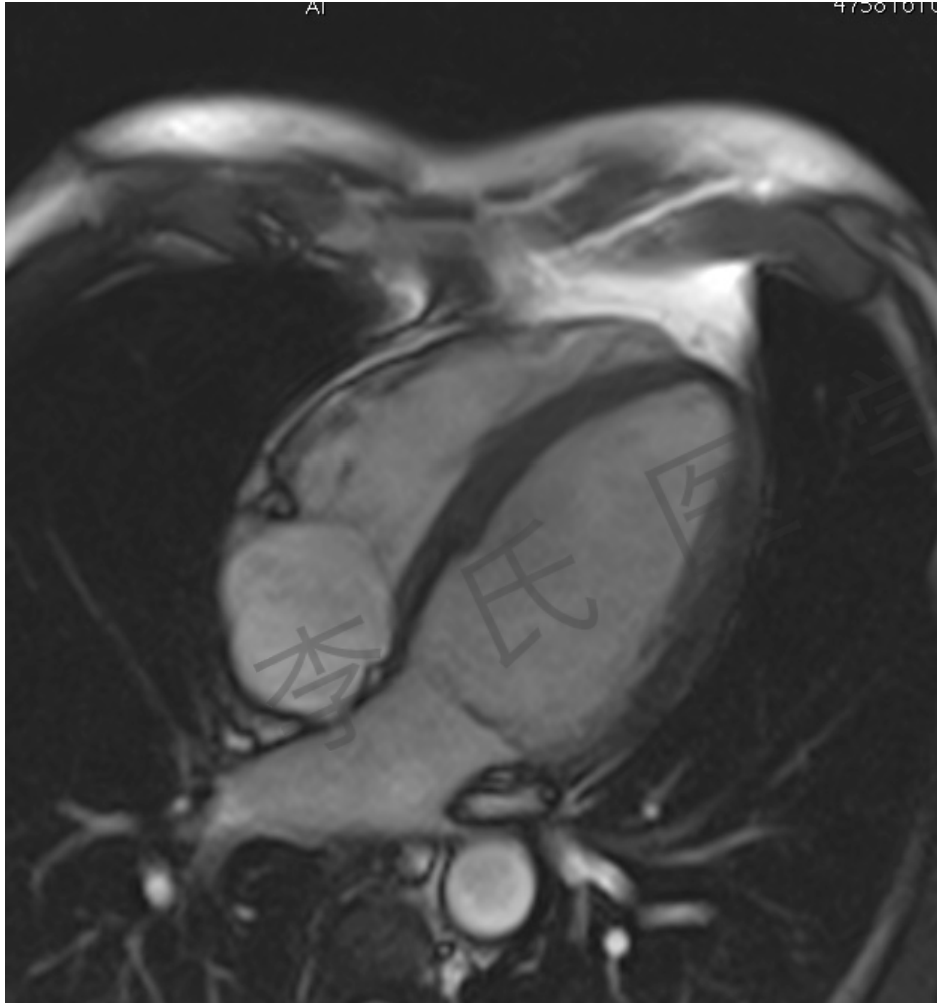
CABG术后



急性心梗后的透壁性瘢痕和心肌存活力

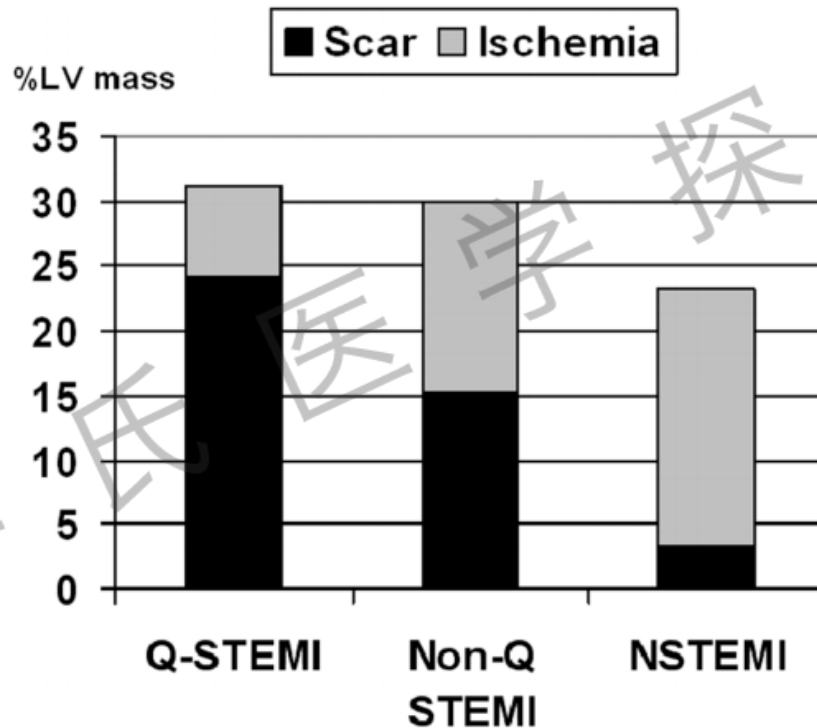


急性心梗后的透壁性瘢痕和心肌存活力



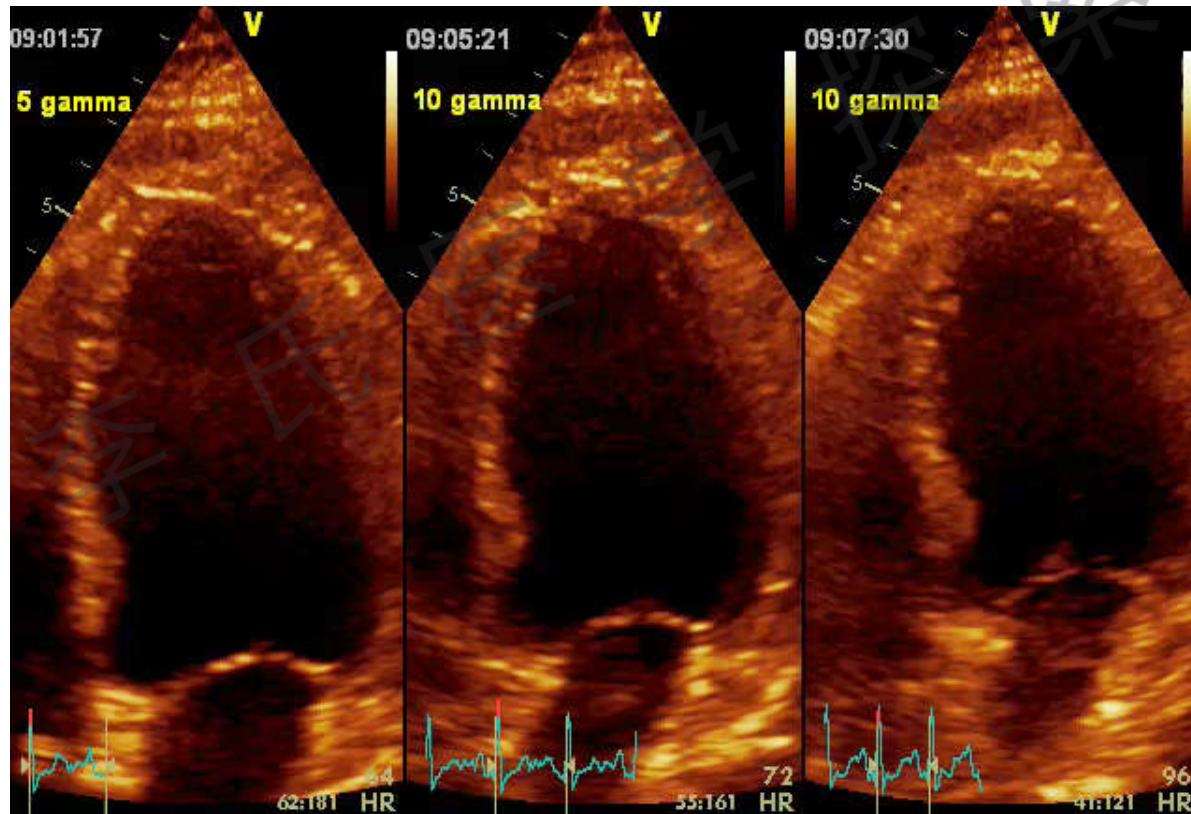
STEMI和NSTEMI后早期瘢痕和缺血CMR成像

Plein S et al. Journal of Cardiovascular Magnetic Resonance 2008



如果不进行适当的重建，NSTEMI患者更大的诱导缺血组织质量可能是后期发生心血管事件风险高的原因之一。

超声心动图低剂量多巴酚丁胺负荷成像 评价心肌存活力

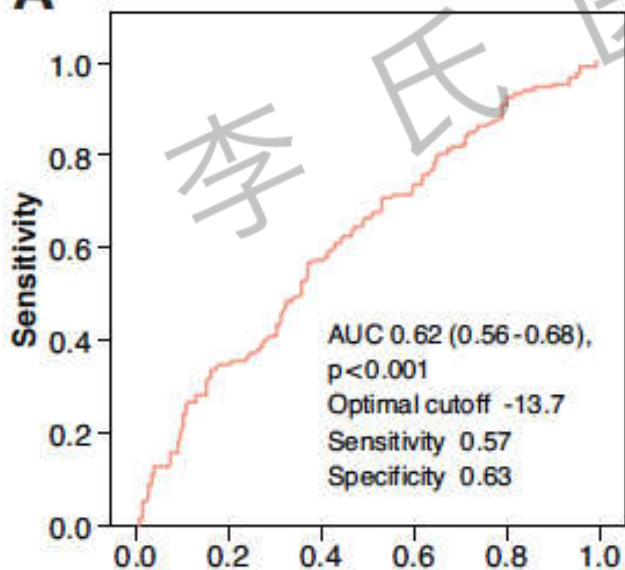


在多巴酚丁胺负荷超声心动图（DBE）中，用组织速度和斑点追踪成像通过变形分析评价心肌存活力

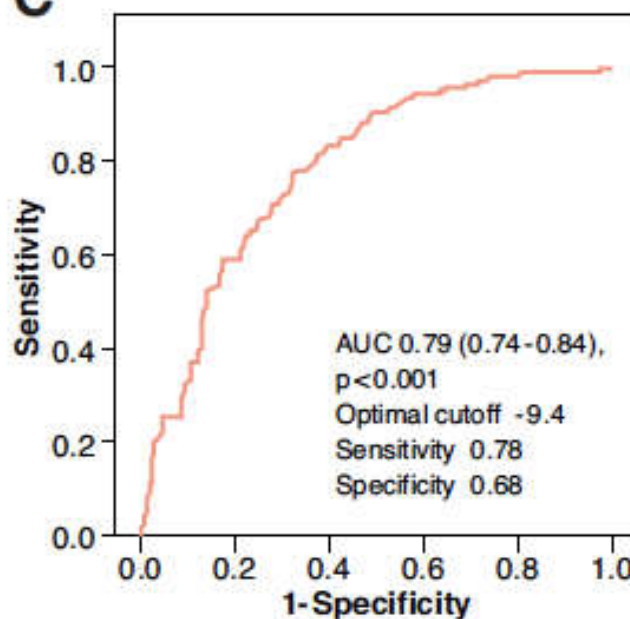
Bansal M et al. *JACC Imaging* 2010

- 55例缺血性心脏疾病和左室收缩功能紊乱（ $EF < 0.45$ ）的患者用DbE评估心肌存活力，随后接受心肌血运重建术。
- 在低剂量多巴胺成像中，针对以上检测目的，纵向TDI应变和SR的测量，相较于STE应变和SR的测量更精确，而且能同时预测前循环和后循环的存活力。

A STE longitudinal strain



C TDI longitudinal strain

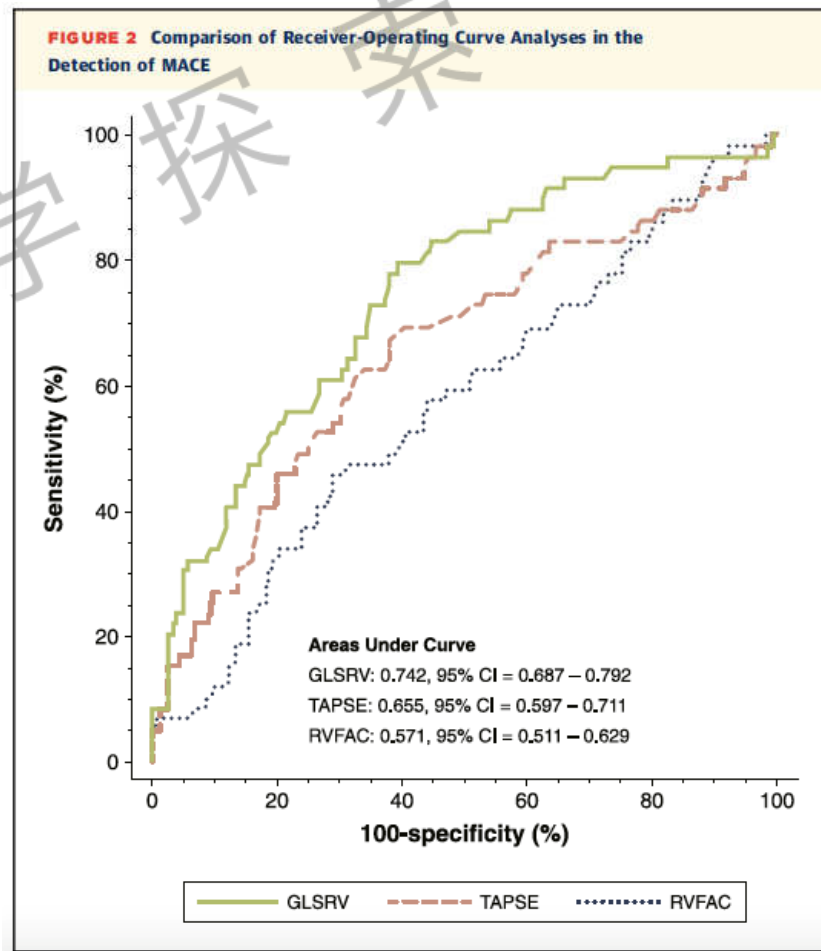


急性下壁STEMI患者，受损的RV整体纵向应变与差的长期临床结局相关

Park SJ, JACCI 2015

- 用直接PCI治疗的282例下壁STEMI患者
- PCI术后72小时内的超声回波情况
- 4腔心切面的RV整体纵向应变（GLSRV）
- 随访: 54 ± 35 个月
- 终点: 主要心脏不良事件（心衰入院，心梗复发，病变部位血运重建，或死亡）

GLSRV ($\geq -15.5\%$) 可能是右心室功能最有力的参数，（优于TAPSE和FAC）评估急性下壁STEMI后的预后，尤其针对残存部分左室功能的患者。



长时间的心肌缺血



水肿



瘢痕

(波阵面现象)



微血管阻塞



出血

病理生理学/ 预后意义

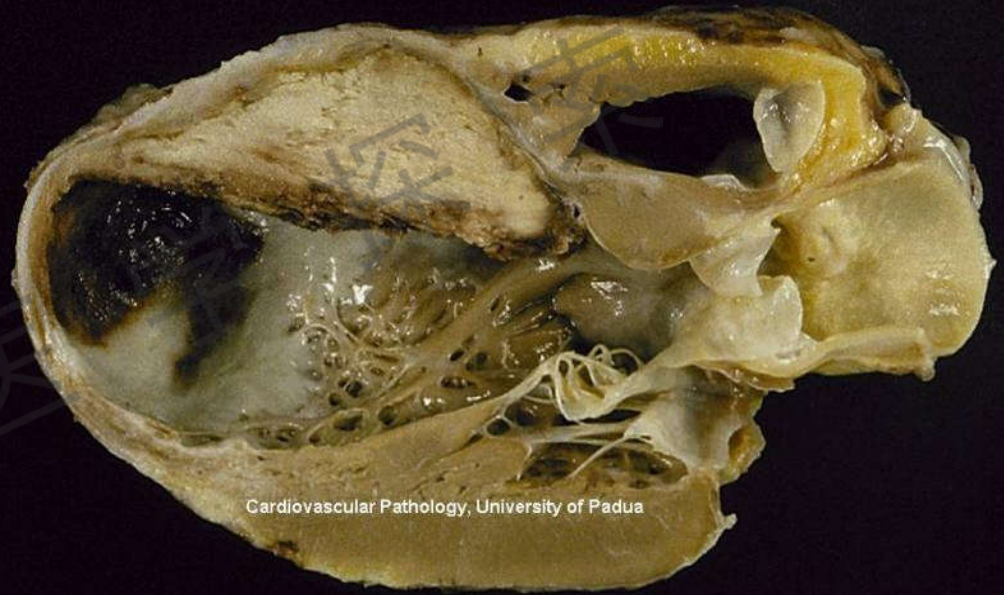


心肌存活

左室重构



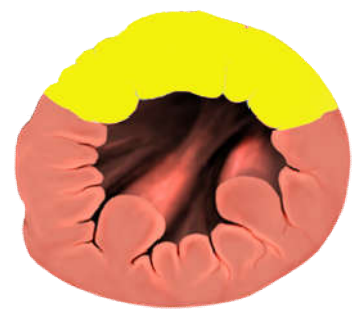
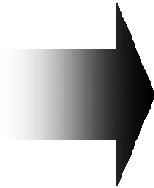
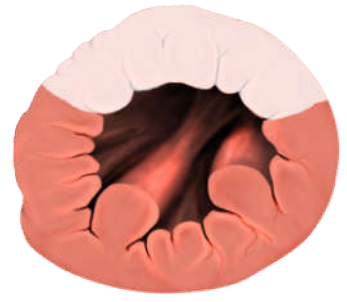
左室心律失常



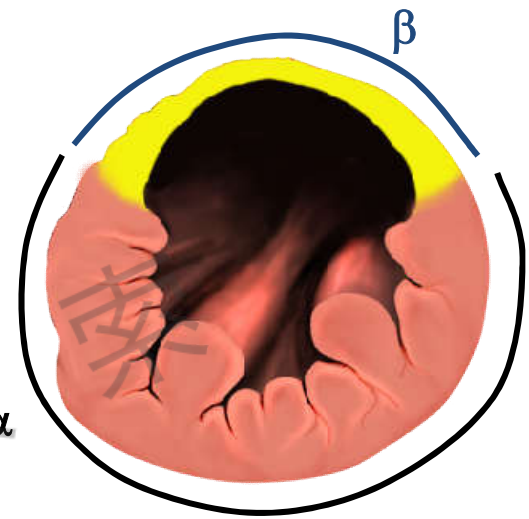
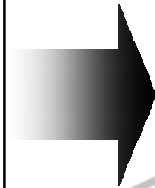
急性期

随访

CASE 1

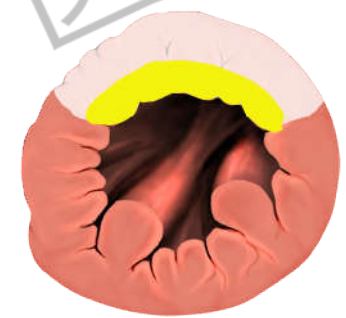
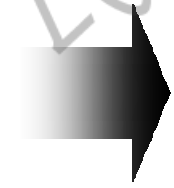
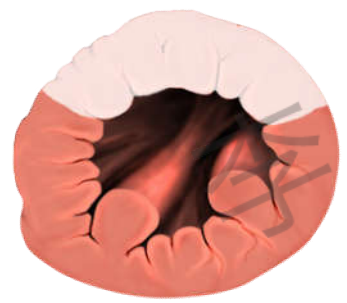


透壁性坏死

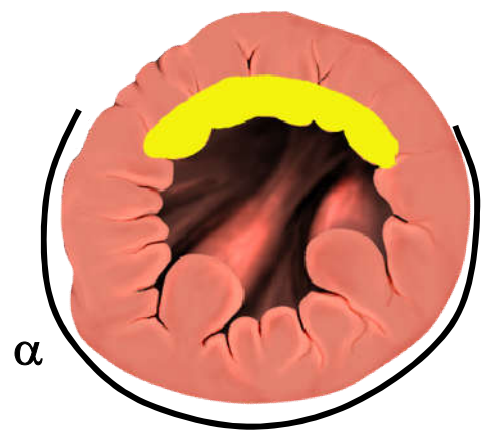
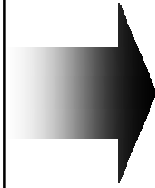


α

CASE 2



非透壁性坏死



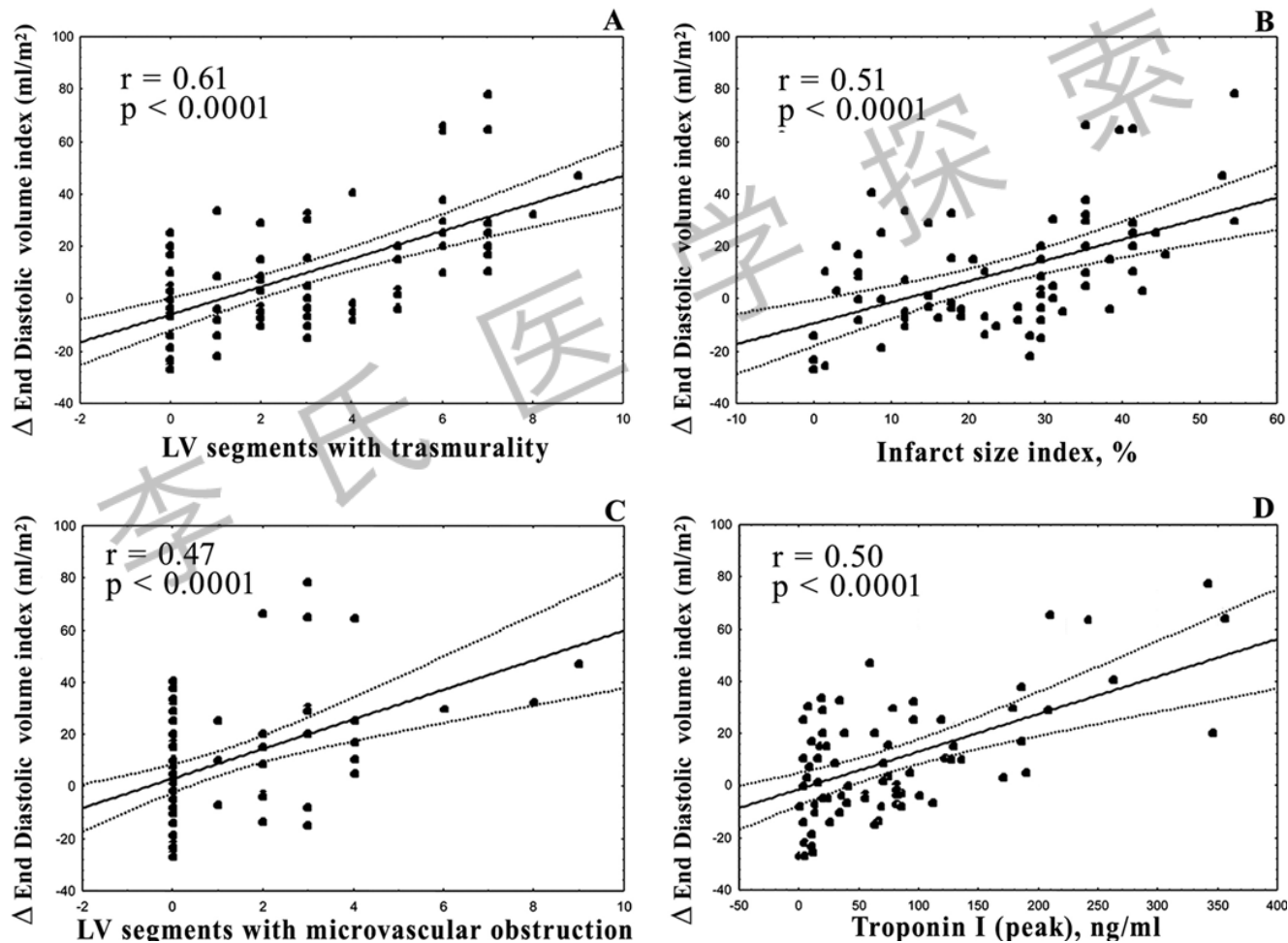
α

危险区域 坏死



PTCA术后，透壁情况、梗死面积和微血管阻塞严重性 对左室重构和功能的影响

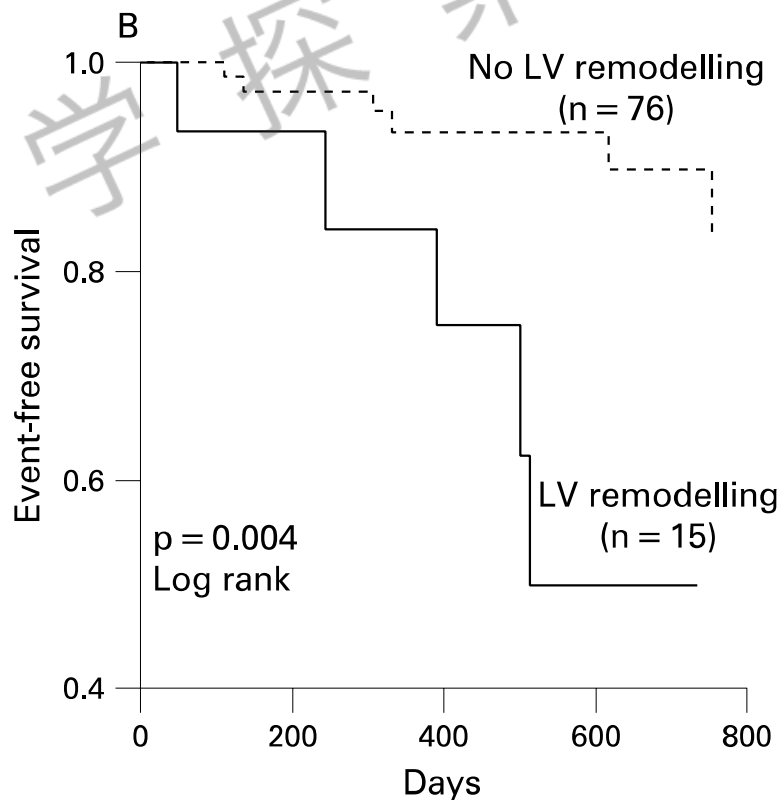
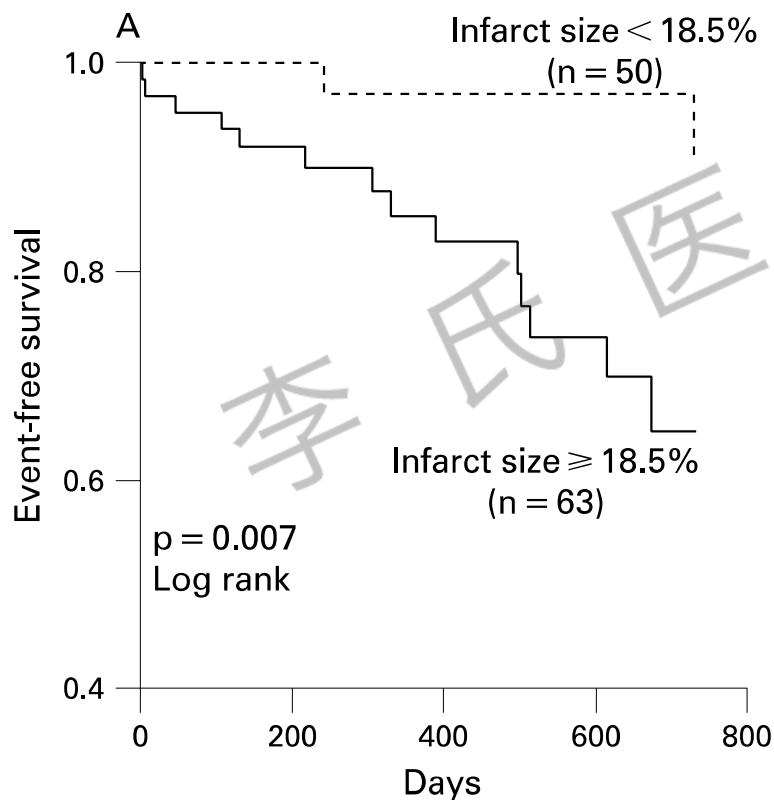
G. Tarantini; *Am J Cardiol* 2006



相较于LVEF或左室收缩末期容积指数，由MRI测定的梗死面积是一个更有力的临床结局预测因子：前瞻性队列研究

Wu E, Heart 2008

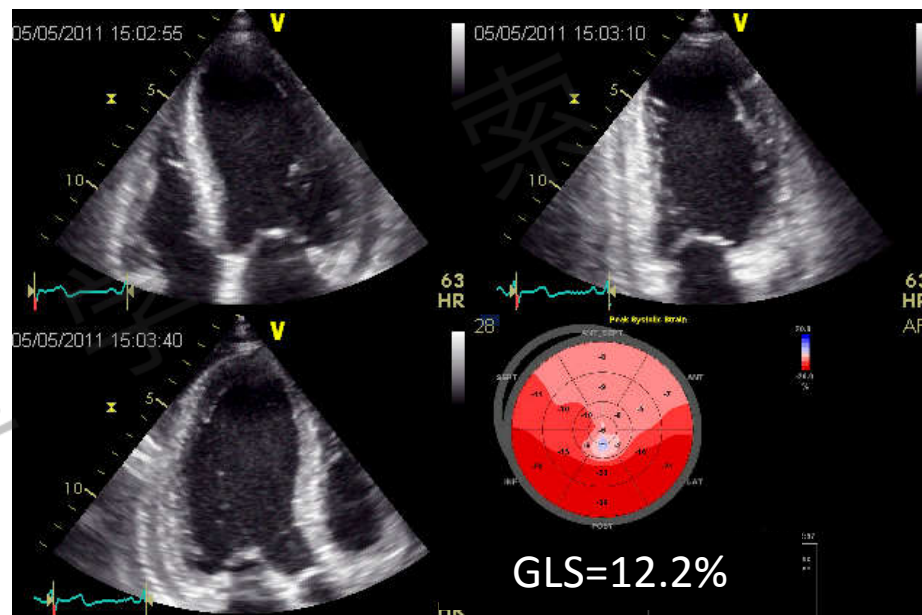
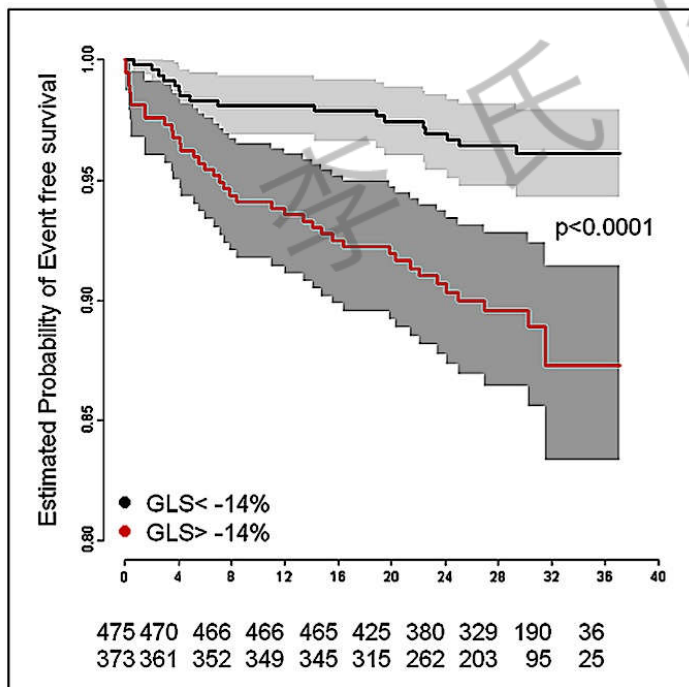
- 122 例 AMI患者
- 直接 PTCA
- MRI (< 1 week, at 4 months)



对于急性MI和 LVEFs >40%的患者，除传统的MI高危指数外，整体纵向应变能提供更多的预后信息

Ersbøll M, JACC 2013

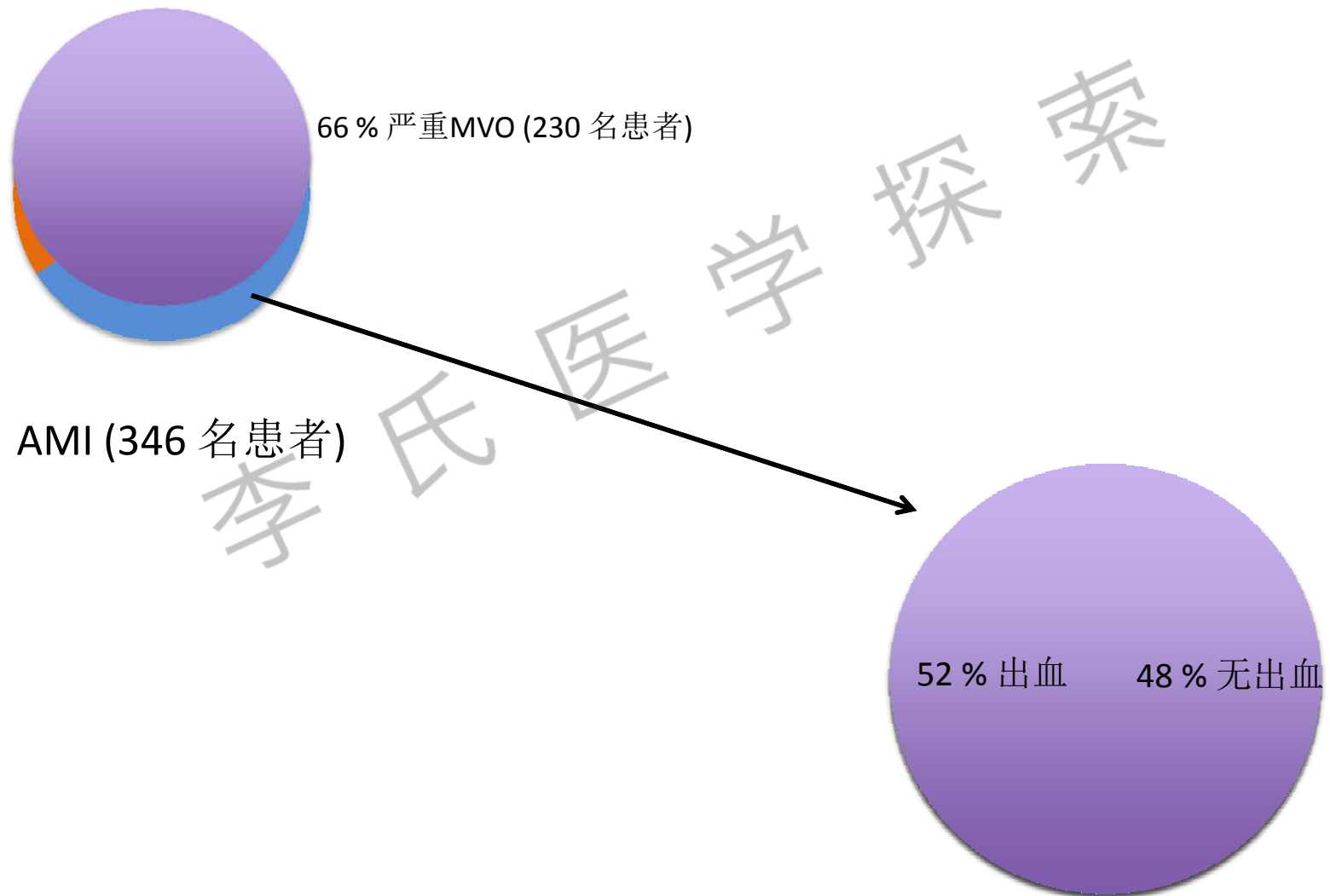
- 849 名 STEMI 和 NSTEMI 的患者
- LVEF >40% 入院48h内的超声情况
- 3个左室心尖切面的整体纵向应变 (GLS)
- 主要终点：任何原因引起的死亡和心衰入院的复合终点。



急性MI和整体纵向应变> 14%的患者其全因死亡和心衰入院的风险增加。

在T2加权CME（出血）成像中，急性再灌注心肌梗塞患者 预后评估和低密度梗死核心的决定因素

Eitel I, Circ Cardiovasc Imaging 2011

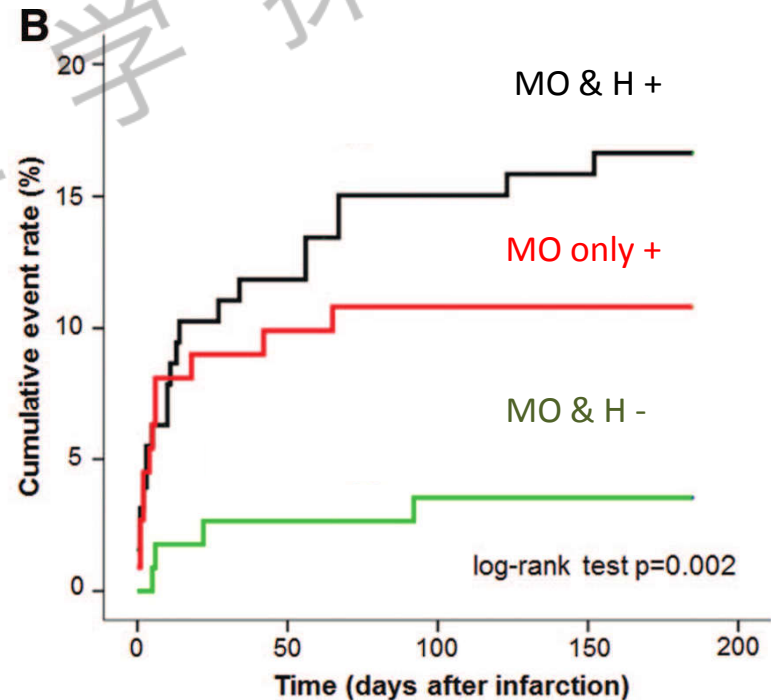
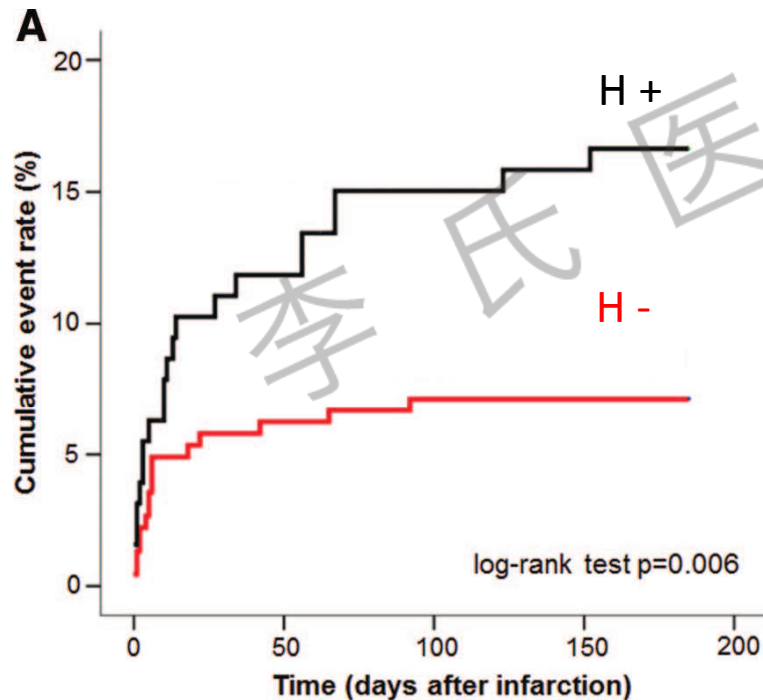


在T2加权CME（出血）成像中，急性再灌注心肌梗塞患者 预后评估和低密度梗死核心的决定因素

Eitel I, *Circ Cardiovasc Imaging* 2011

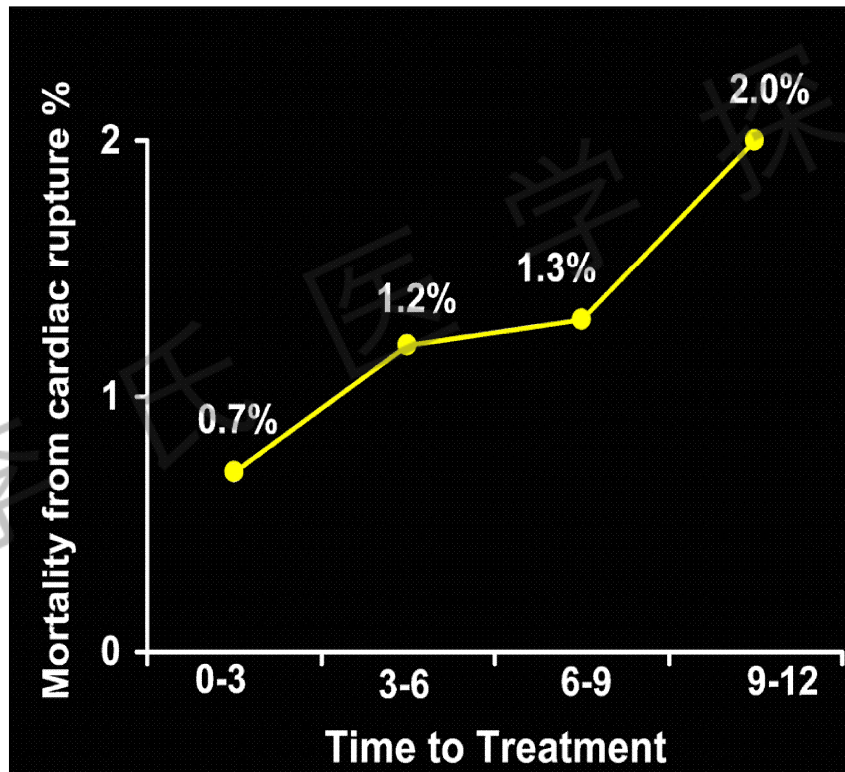
- 346 例 AMI患者
- 直接PTCA (< 12 hours)
- MRI
- 随访

出血 = H
微血管阻塞 = MO



溶栓治疗的时间和心脏破裂的风险

Honan MB JACC 1990; 16:359



长时间的心肌缺血



水肿



瘢痕

(波阵面现象)



微血管阻塞



出血

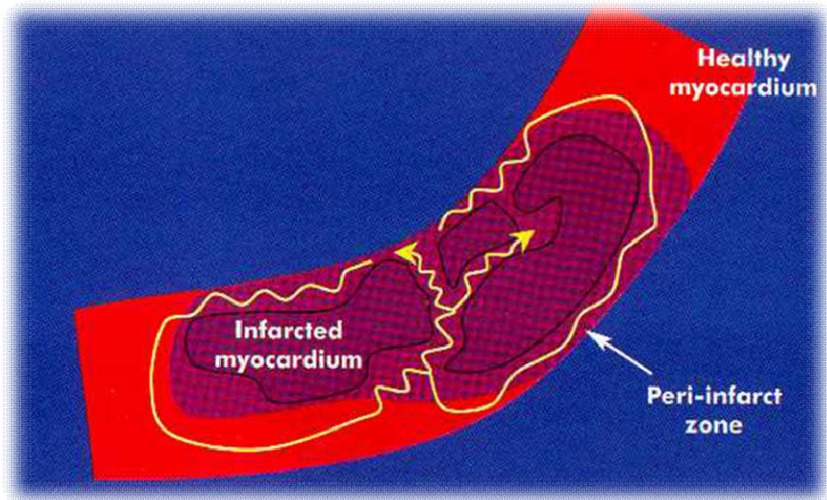
病理生理学/ 预后意义



心肌存活
左室重构

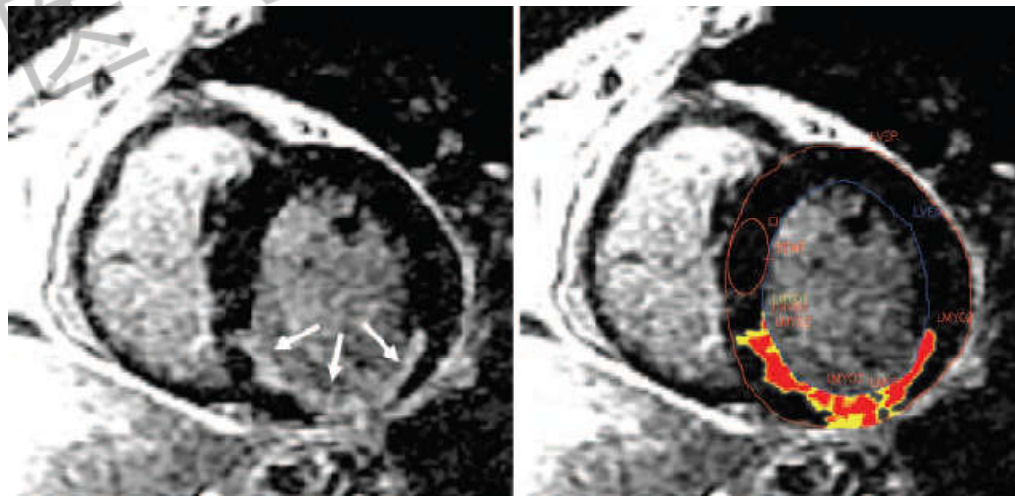


左室心律失常



瘢痕和折返

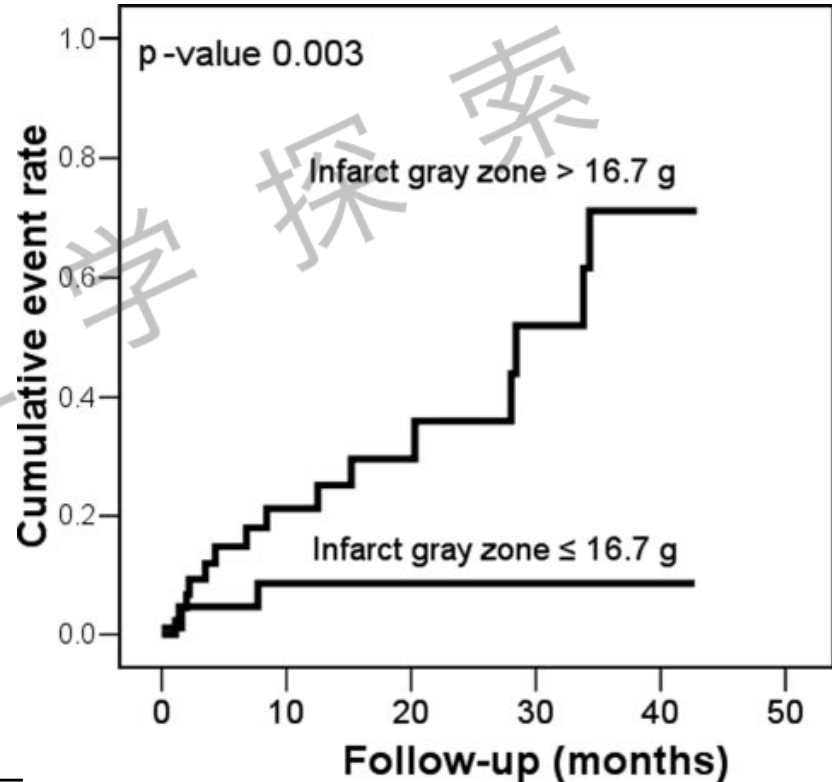
梗死区域周围和组织的异质性



用CMR评估梗死组织异质性以预测缺血性心肌病患者 自发性室性心律失常

Roes S.D, *Circulation* 2013

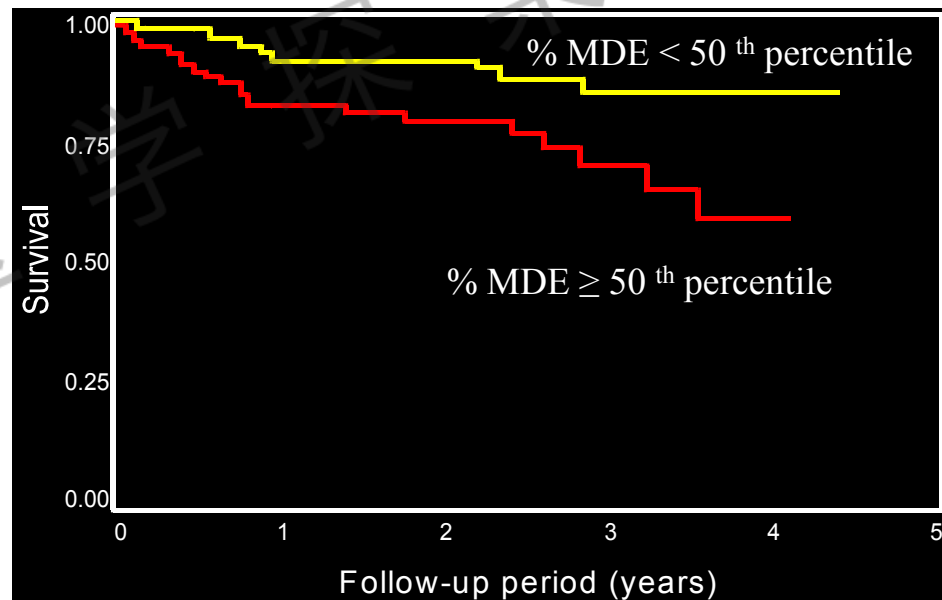
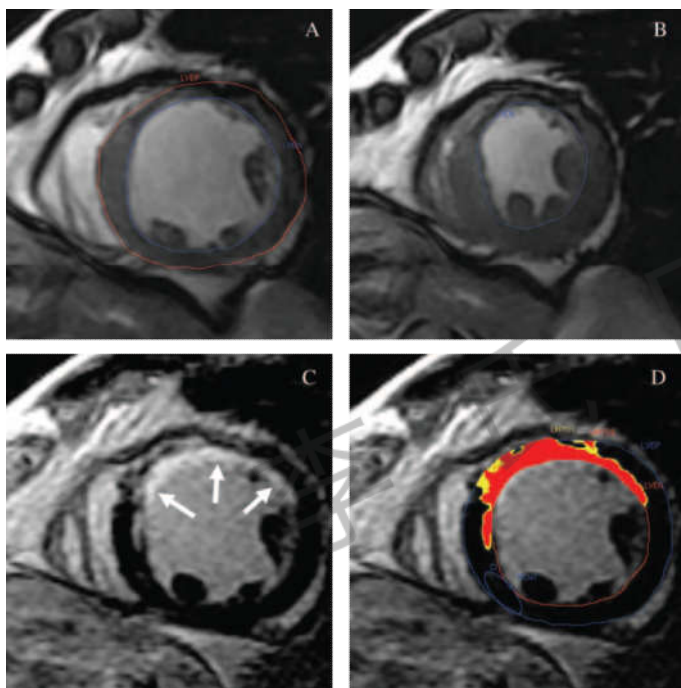
- 91 例有心梗史的患者
- ICD (缺血性扩张型心肌病)前进行MRI检测
- ICD
- 随访



	HR	95% CI	χ^2	P Value
LVEF	0.72/10%	0.32-1.64	0.6	0.4
Infarct gray zone	1.49/10 g	1.01-2.20	4.0	0.04
Infarct core	0.92/10 g	0.69-1.22	0.3	0.6

用MRI对比增强成像评估梗死周围区域的特性是预测急性心梗后死亡率的强有力的预测因子

Andrew T. Yan; *Circulation*. 2006;114:32-39



MDE= 心肌延迟增强

在急性心梗后相对地保留了收缩功能和非持续性室性心动过速 (NSVT) 患者，通过CMR识别室性心动过速底物评价梗死区域特性

Yalin, Pace 2014

- 28 例 AMI后患者
- NSVT
- EF 介于 40% — 50%之间
- 电生理研究
- CMR

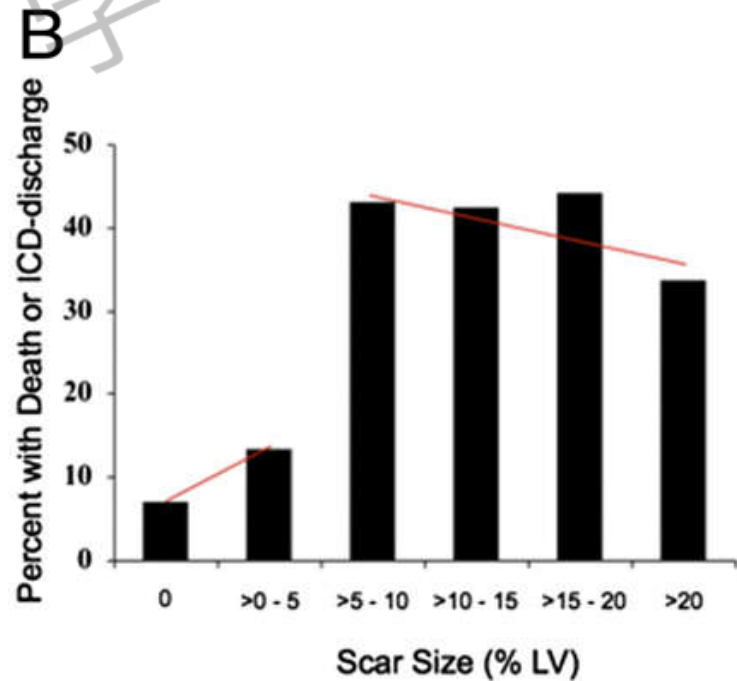
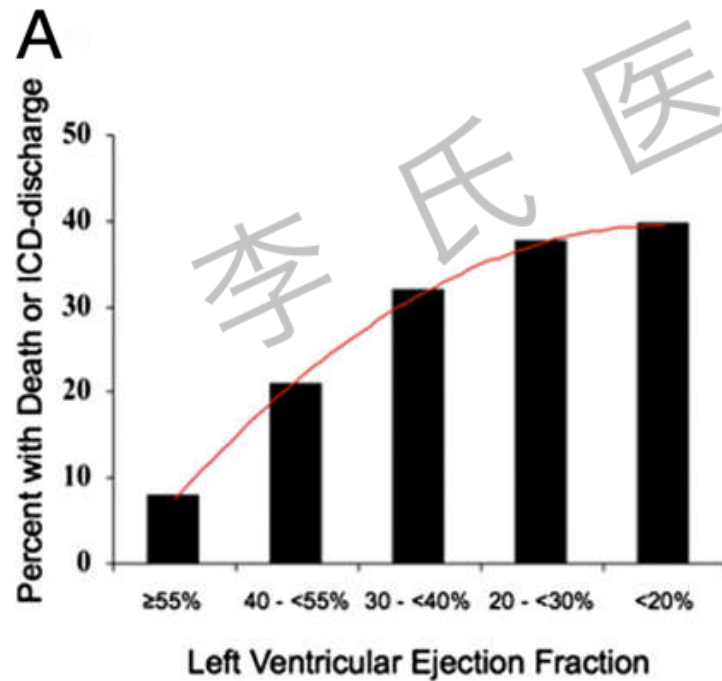
Cardiac Magnetic Resonance Variables

Variable	Noninducible (N = 19)	Inducible (N = 9)	P Value
LVEDV (mL)	135.07 ± 44.87	130.91 ± 66.77	0.84
LVESV (mL)	74.86 ± 26.14	76.12 ± 46.29	0.92
LV mass (g)	118.56 ± 26.18	121.80 ± 35.20	0.77
Dense scar (g)	3.91 ± 1.31	3.78 ± 1.42	0.81
Peri-infarct zone (g)	23.90 ± 10.71	34.40 ± 14.43	0.04
Total scar (g)	27.70 ± 11.18	38.14 ± 15.59	0.04
Dense scar/LV mass %	3.44 ± 0.79	3.11 ± 1.02	0.36
Peri-infarct zone/LV mass %	19.86 ± 7.82	28.02 ± 7.49	0.01
Total scar/LV mass %	23.31 ± 8.21	31.14 ± 7.96	0.02

心肌瘢痕评估改善心脏除颤器植入患者的风险层级

I. Klem, JACC 2012

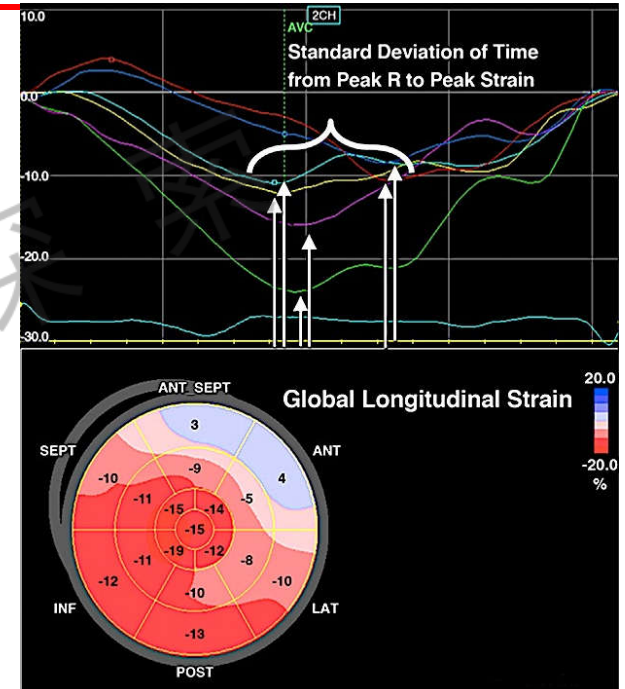
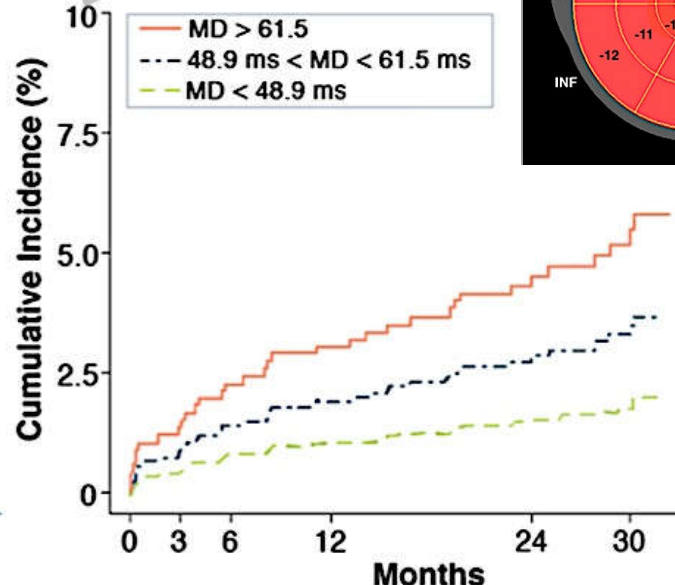
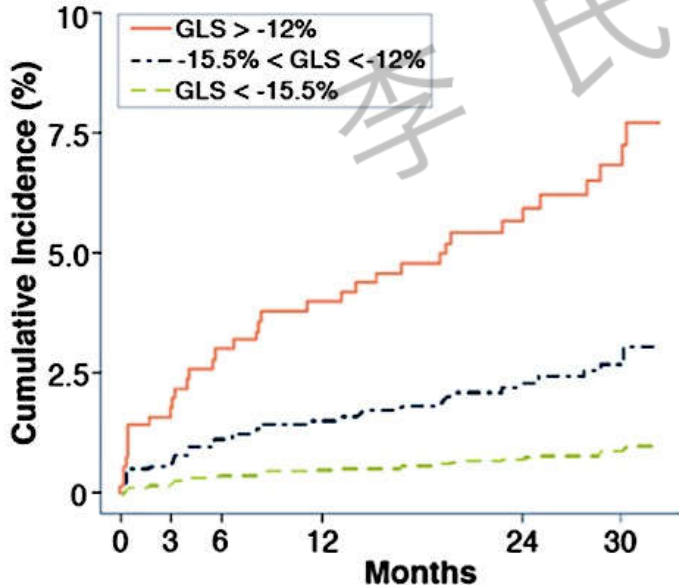
- 137 例ICD 前的患者
- CMR
- 临床FU



用整体纵向应力和机械分散预测心梗后心脏猝死和威胁生命的心律失常的风险

Ersbøll M, JACCi 2013

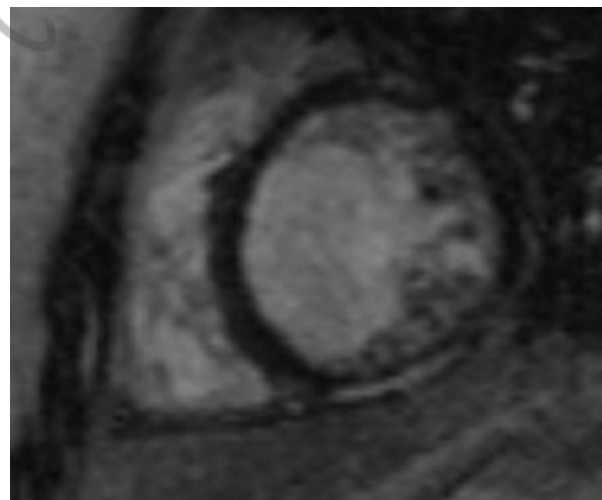
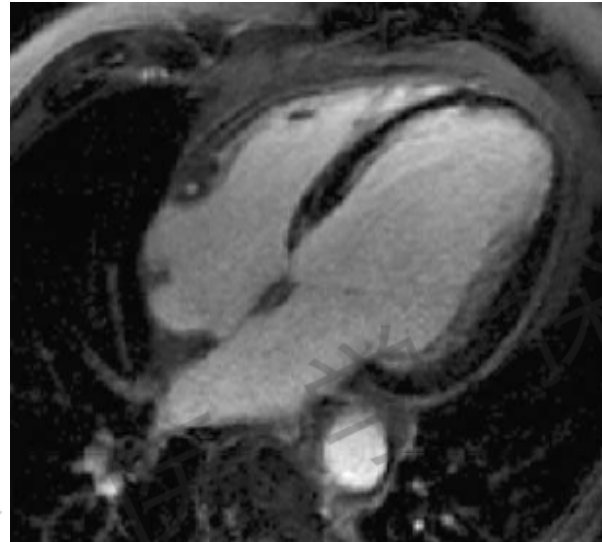
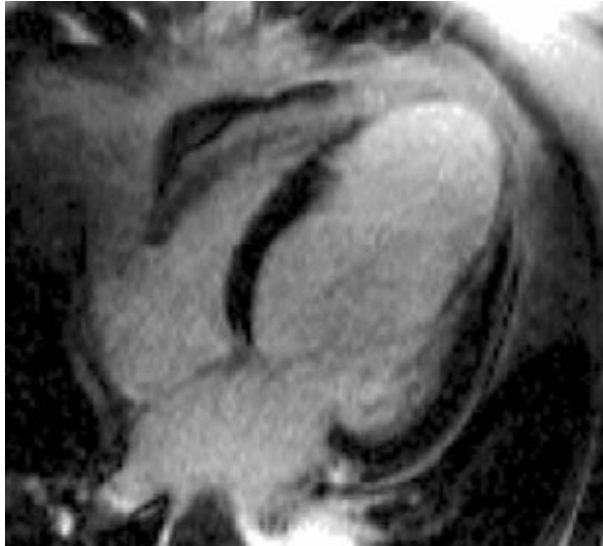
- 988 例STEMI 和NSTEMI 患者
- 入院48 h 内的超声情况
- 心尖3个切面的整体纵向应变 (GLS)
- 机械分散(MD) 用于检测心肌变形异质性
- 主要研究终点是由SCD、VA入院或合理的初级预防ICD治疗组成的复合终点



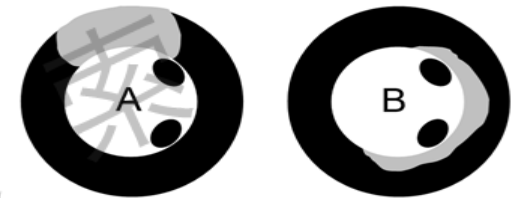
MRI 能帮助设备筛选病人吗？

- 非缺血性扩张型心肌病(NIDC)
- 缺血性扩张型心肌病(IDC)
- 肥厚型心肌并(HCM)
- 二尖瓣脱垂综合征

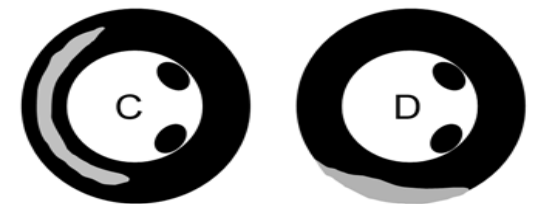
对比剂增强CMR 成像在原发性、缺血性扩展型 心肌病中的应用



缺血模型

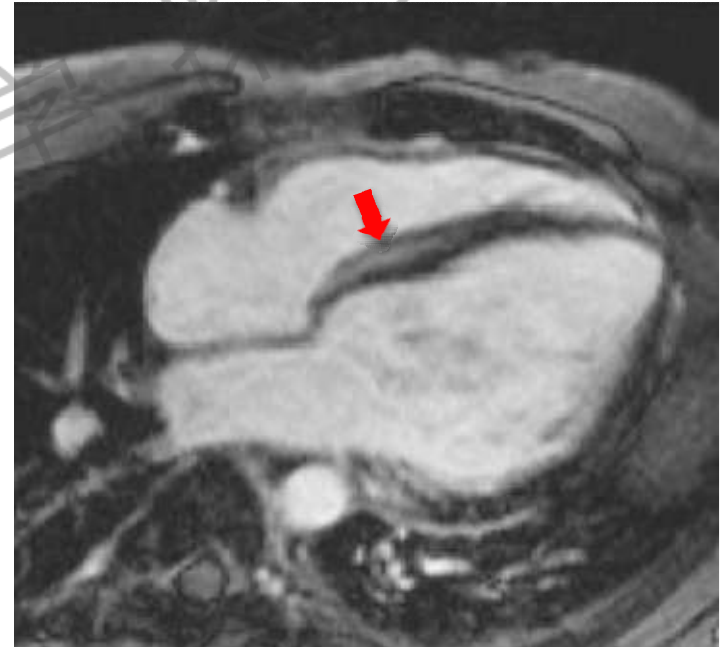
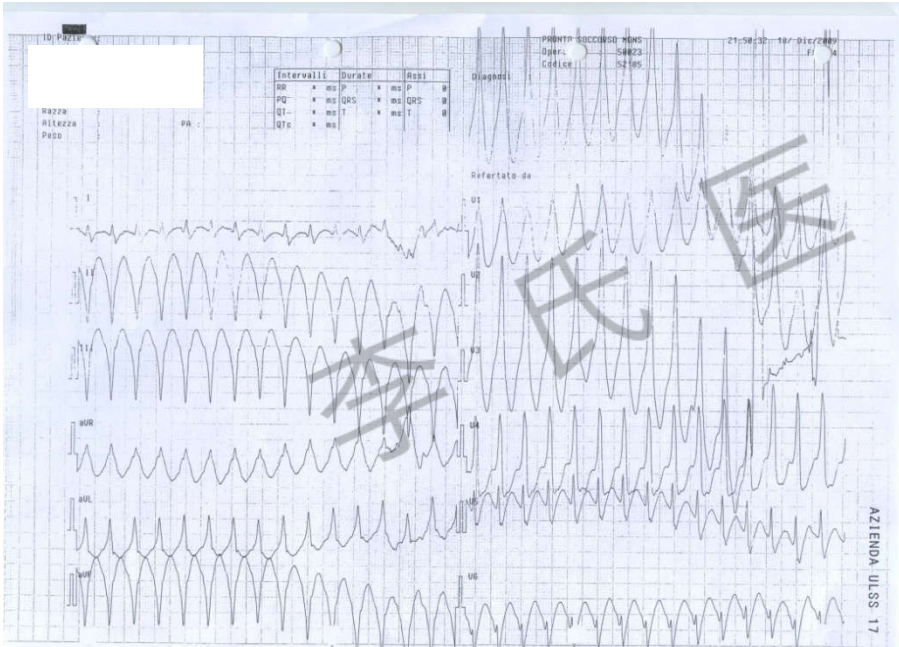


非缺血模型



病例报告

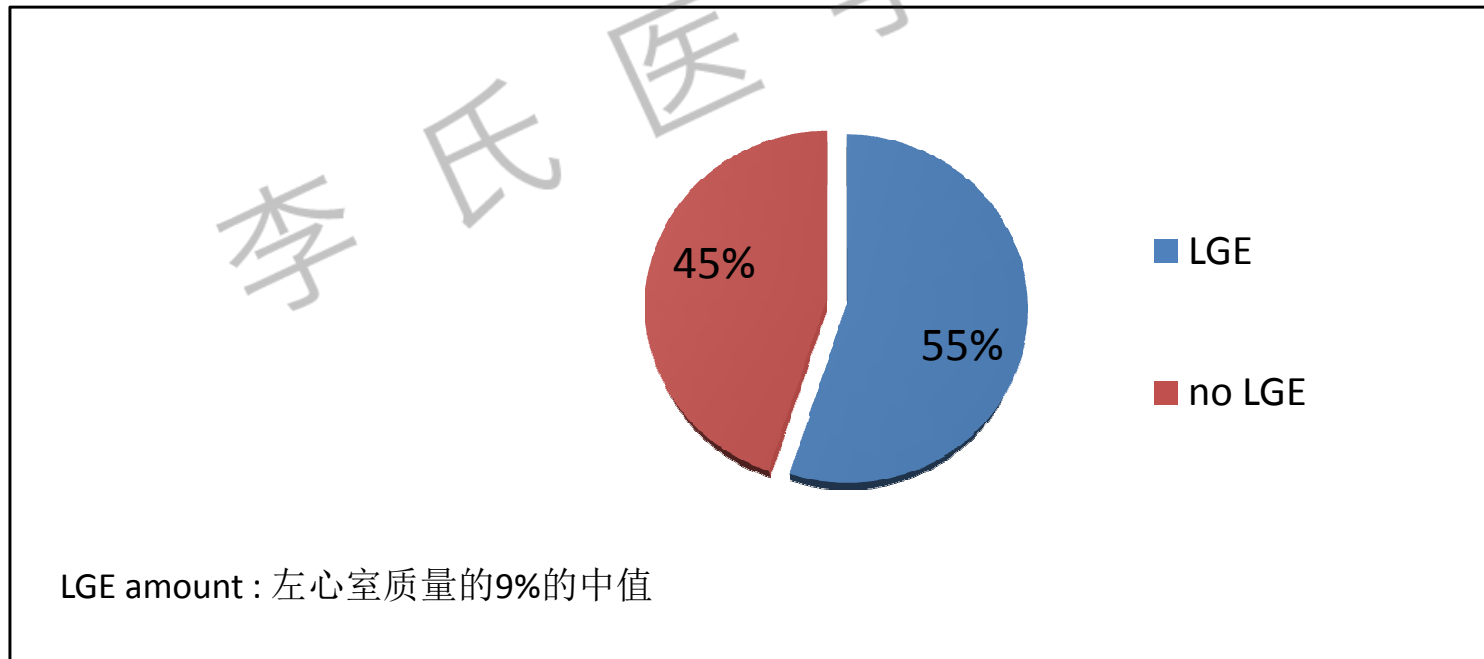
- 49岁男性患者
- 一年前有昏厥和心衰病史
- 在造影中无冠状动脉病灶
- 被称为“一种新型晕厥”



对比剂增强CMR 成像在非缺血性扩展型心肌病中的应用

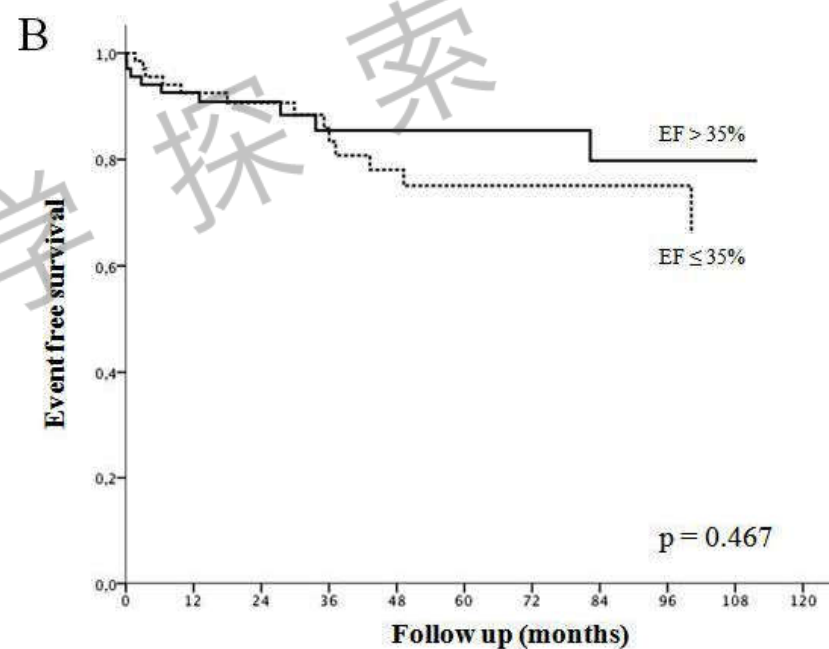
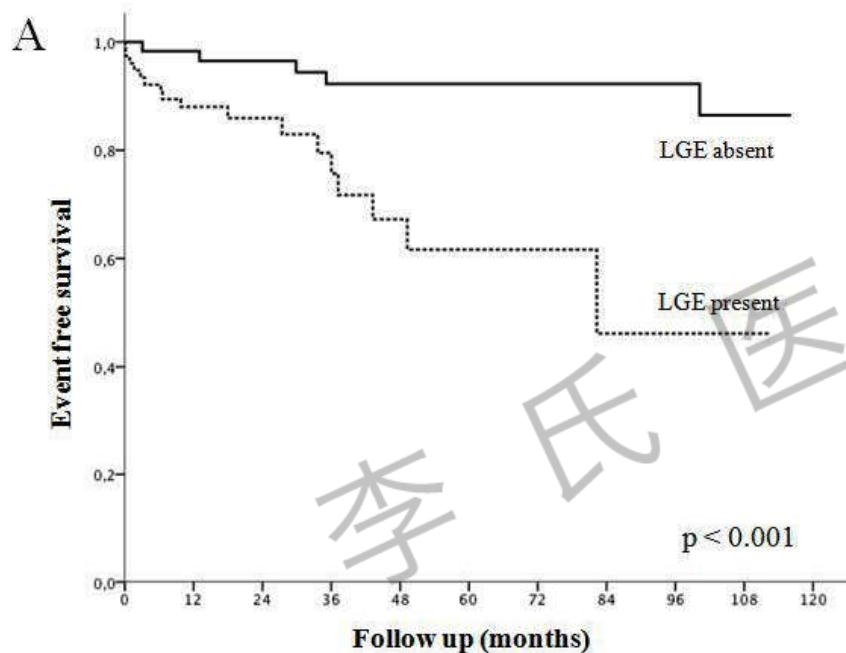
Perazzolo Marra, Heart Rhythm 2014

- 137 例 LVEF < 50% 的患者
- 所有病人经冠状动脉造影确诊为NIDC
- LGE - CMR
- 长期随访(3 年)
- 心律失常终点(SCD, 持续 VT, FV, 合理开始的ICD治疗)



由CMR检测的心肌纤维化的存在和数量影响心律失常的临床结局和NICD患者心脏性猝死的发生率

Perazzolo Marra, Heart Rhythm 2014



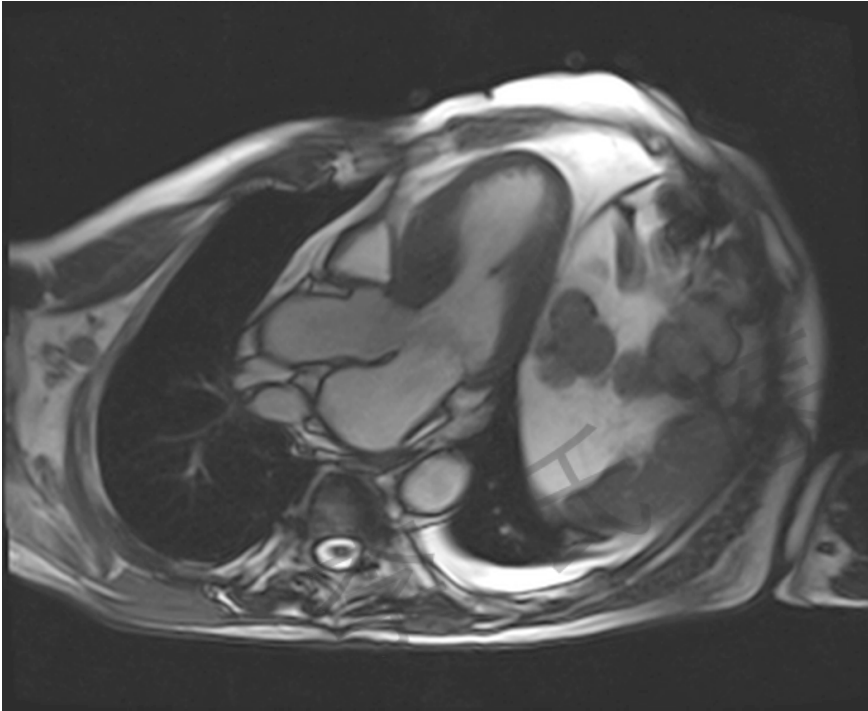
长期随访(3年)

心律失常主要终点(SCD, 持续 VT, FV, 合理开始的ICD治疗)

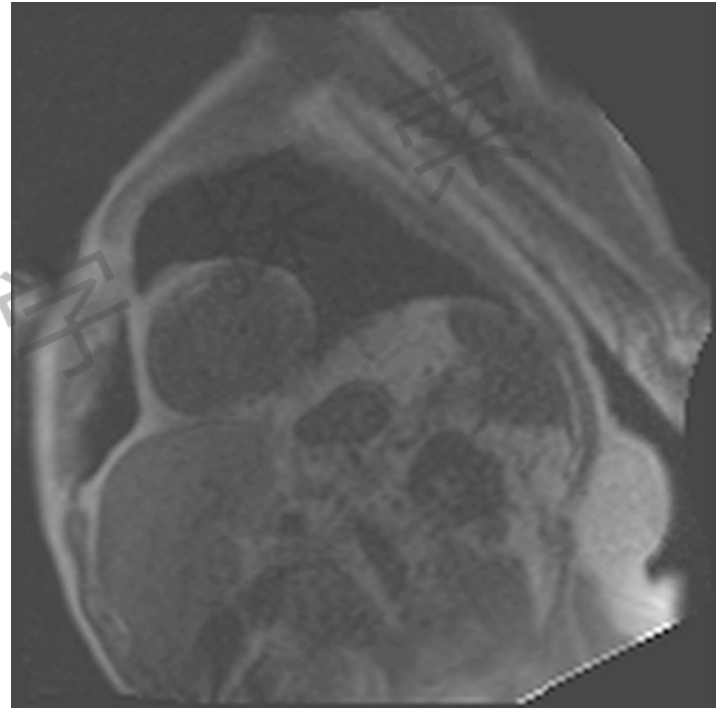
MRI 能帮助设备筛选病人吗?

- 非缺血性扩张型心肌病(NIDC)
- 缺血性扩张型心肌病(IDC)
- 肥厚型心肌病(HCM)
- 右心室致心律失常型心肌病 (ARVD)
- 二尖瓣脱垂综合征

肥厚型心肌病 (HCM)



SSFP 序列 长轴切面

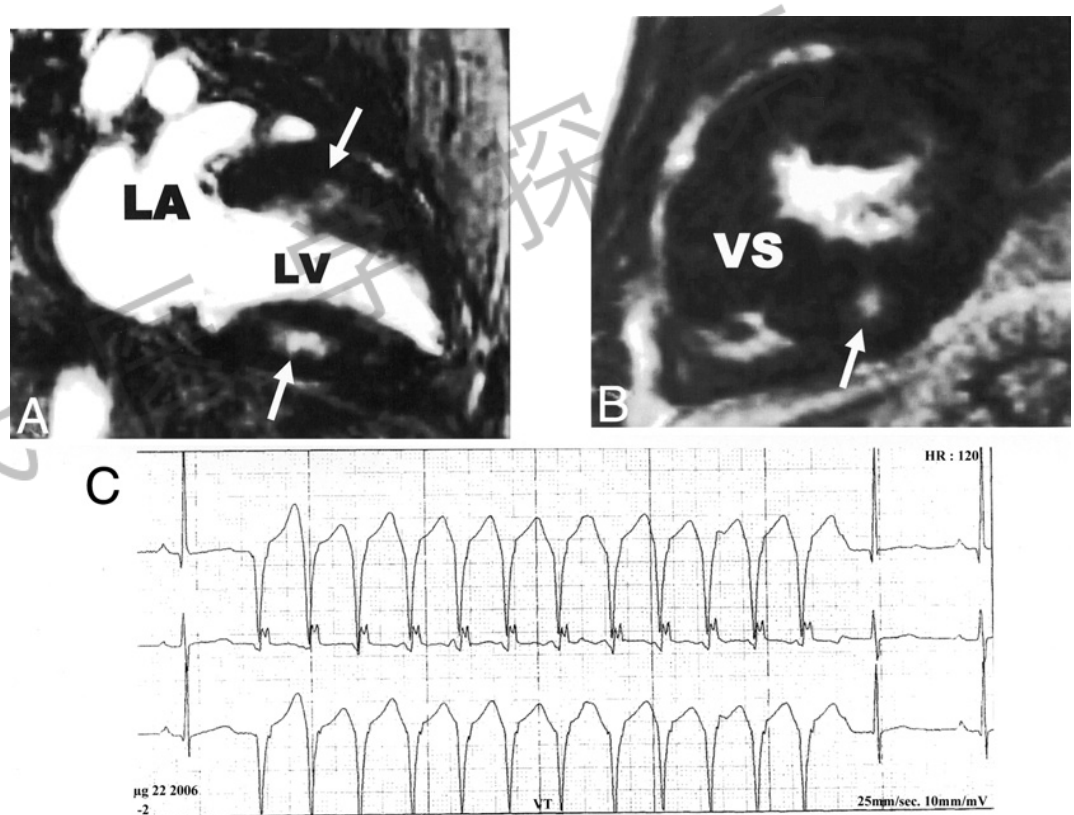


首过序列短轴切面

与CMR延迟增强相关的肥厚型心肌病中心律失常的发生和频率

A.S.Adabag, JACC. 2008

- 177例 HCM患者
- CMR
- 动态心电图



MRI能帮助设备筛选病人吗?

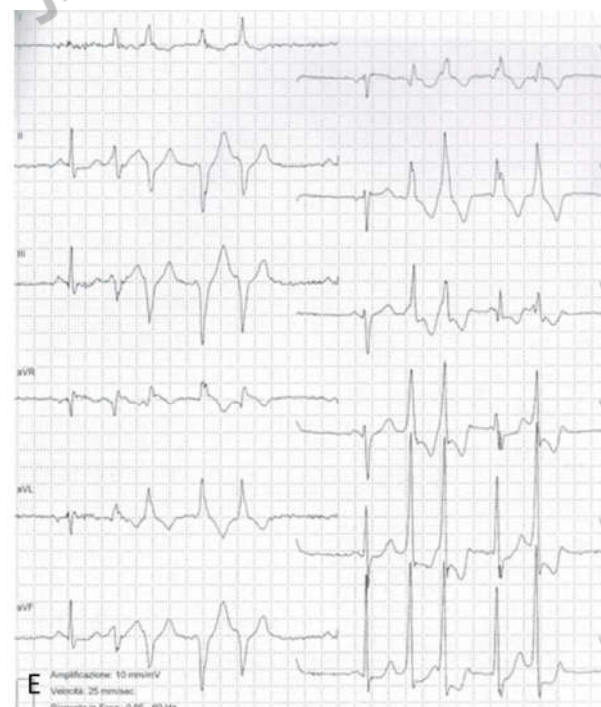
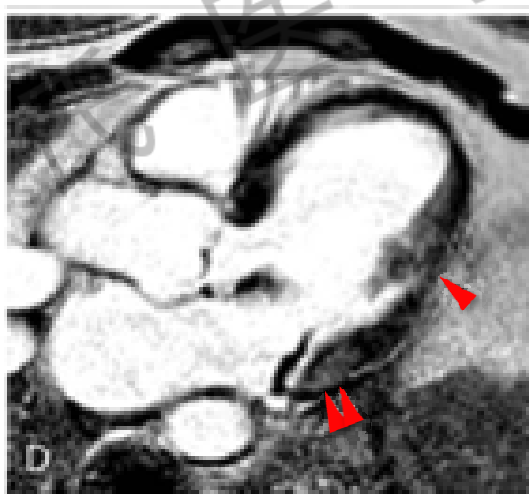
- 非缺血性扩张型心肌病(NIDC)
- 缺血性扩张型心肌病(IDC)
- 肥厚型心肌病(HCM)
- 右心室致心律失常型心肌病(ARVD)
- 二尖瓣脱垂综合征

二尖瓣脱垂综合征



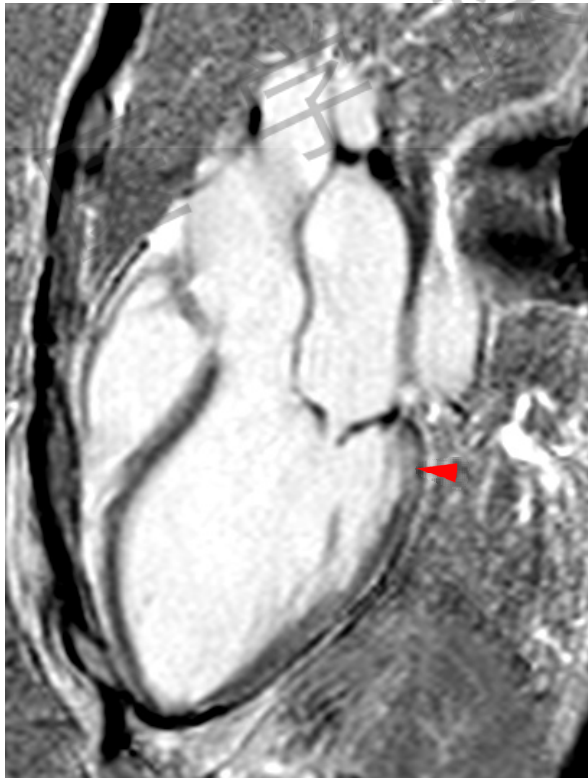
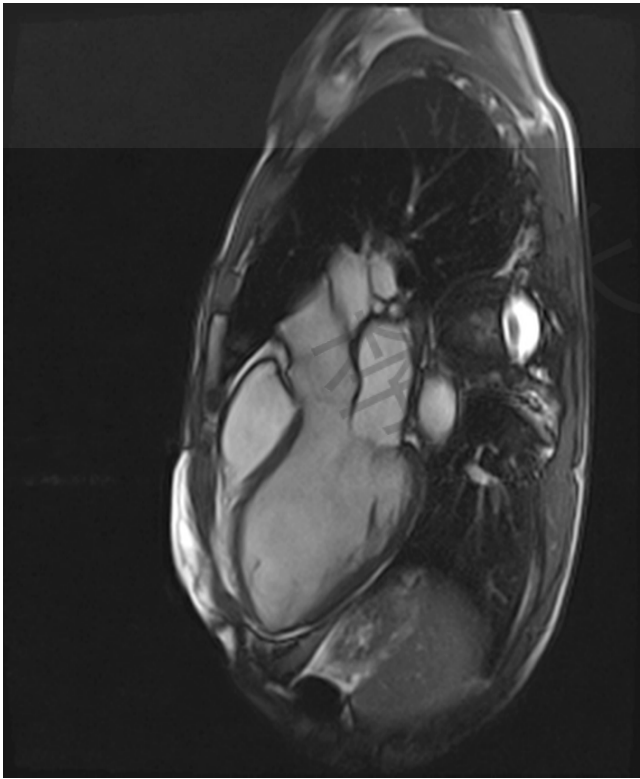
病例报告

- 男性，29 岁.
- 体检结果：收缩中期喀喇音伴收缩晚期杂音
- 心电图：窦性心律，下壁导联T波倒置
- 12导动态心电图：室性早搏 >9000 ，大多为右束支传导阻滞（RBBB）形态，469 对及几个短暂出现的非持续性室性心动过速 (E)



病例报告

- 女性，有心悸和晕厥史
- 体检结果：收缩中期喀喇音
- 心电图：窦性心律，无复极异常；
- 12导动态心电图：几个呈RBBB形态的室性早搏



病例报告

- 女性，有心悸和晕厥史
- 体检结果：收缩中期喀喇音
- 心电图：窦性心律，无复极异常；
- **12导动态心电图**：几个呈RBBB形态的室性早搏

电生理研究：呈RBBB形态的非持续性室性心动过速的诱导因素



心律失常的二尖瓣脱垂和心源性猝死

Basso C, Perazzolo M, Iliceto S. Submitted

Variables	MVP with CVA 30 patients	MVP without CVA 14 patients
CMR Morpho-functional Findings		
LV EDV, ml/m ²	91 (89-103)	91 (83-91)
LV EF, %	64 (60-65)	66 (64-69)
LV mass, gr/m ²	62 (60-63)	63 (49-63)
RV EDV, ml/m ²	77 (71-79)	77 (76-78)
RV EF, %	64 (61-66)	64 (64-66)
Posterior MVP, n (%)*	9 (30)	9 (64)
Bileaflet MVP, n (%)*	21 (70)	5 (36)
Lengths mitral leaflets, mm		
- Anterior	20.7 (19.3-26.0)	20.0 (17.0-25.0)
- Posterior*	16.0 (12.6-18.0)	11.4 (9.5-14.0)
Prolapse distance, mm		
- Anterior leaflet†	5.1 (1.7-8.0)	1.3 (0-3.0)
- Posterior leaflet†	7.8 (4.0-11.8)	2.1 (2.0-3.5)
CMR Post-contrast Findings		
LV LGE‡	28 (93)	2 (14)
- papillary muscles ‡	25 (83)	2 (14)
- LV infero-basal wall‡	22 (73)	1 (7)

心律失常的二尖瓣脱垂和心源性猝死

Basso C, Perazzolo M, Iliceto S. Submitted

Variables	MVP with CVA 30 patients	MVP without CVA 14 patients	
CMR Morpho-functional Findings			
LV EDV, ml/m ²	91 (89-103)	91 (83-91)	
LV EF, %	64 (60-65)	66 (64-69)	
LV mass, gr/m ²	62 (60-63)	63 (49-63)	
RV EDV, ml/m ²	77 (71-79)	77 (76-78)	
RV EF, %	64 (61-66)	64 (64-66)	
Posterior MVP, n (%)*	9 (30)	9 (64)	p <0.05
Bileaflet MVP, n (%)*	21 (70)	5 (36)	
Lengths mitral leaflets, mm			
- Anterior	20.7 (19.3-26.0)	20.0 (17.0-25.0)	
- Posterior*	16.0 (12.6-18.0)	11.4 (9.5-14.0)	
Prolapse distance, mm			
- Anterior leaflet†	5.1 (1.7-8.0)	1.3 (0-3.0)	p <0.005
- Posterior leaflet†	7.8 (4.0-11.8)	2.1 (2.0-3.5)	
CMR Post-contrast Findings			
LV LGE‡	28 (93)	2 (14)	
- papillary muscles ‡	25 (83)	2 (14)	
- LV infero-basal wall‡	22 (73)	1 (7)	

心律失常的二尖瓣脱垂和心源性猝死

Basso C, Perazzolo M, Iliceto S. Submitted

Variables	MVP with CVA 30 patients	MVP without CVA 14 patients	
CMR Morpho-functional Findings			
LV EDV, ml/m ²	91 (89-103)	91 (83-91)	
LV EF, %	64 (60-65)	66 (64-69)	
LV mass, gr/m ²	62 (60-63)	63 (49-63)	
RV EDV, ml/m ²	77 (71-79)	77 (76-78)	
RV EF, %	64 (61-66)	64 (64-66)	
Posterior MVP, n (%)*	9 (30)	9 (64)	
Bileaflet MVP, n (%)*	21 (70)	5 (36)	
Lengths mitral leaflets, mm			
- Anterior	20.7 (19.3-26.0)	20.0 (17.0-25.0)	
- Posterior*	16.0 (12.6-18.0)	11.4 (9.5-14.0)	
Prolapse distance, mm			
- Anterior leaflet†	5.1 (1.7-8.0)	1.3 (0-3.0)	
- Posterior leaflet†	7.8 (4.0-11.8)	2.1 (2.0-3.5)	
CMR Post-contrast Findings			
LV LGE‡	28 (93)	2 (14)	p <0.001
- papillary muscles ‡	25 (83)	2 (14)	
- LV infero-basal wall‡	22 (73)	1 (7)	

结 论

MRI 和超声应变成像技术在急性心梗中的应用潜力:

- 诊断
- 病理生理学
- 某些心电图模式的重新定义
- 预后