

# 冠状动脉粥样硬化斑块的影像学对照研究

武警总医院放射科：李涛

# 研究背景

- 冠心病发病率逐年上升，成为威胁人类健康的第二位致死性疾病



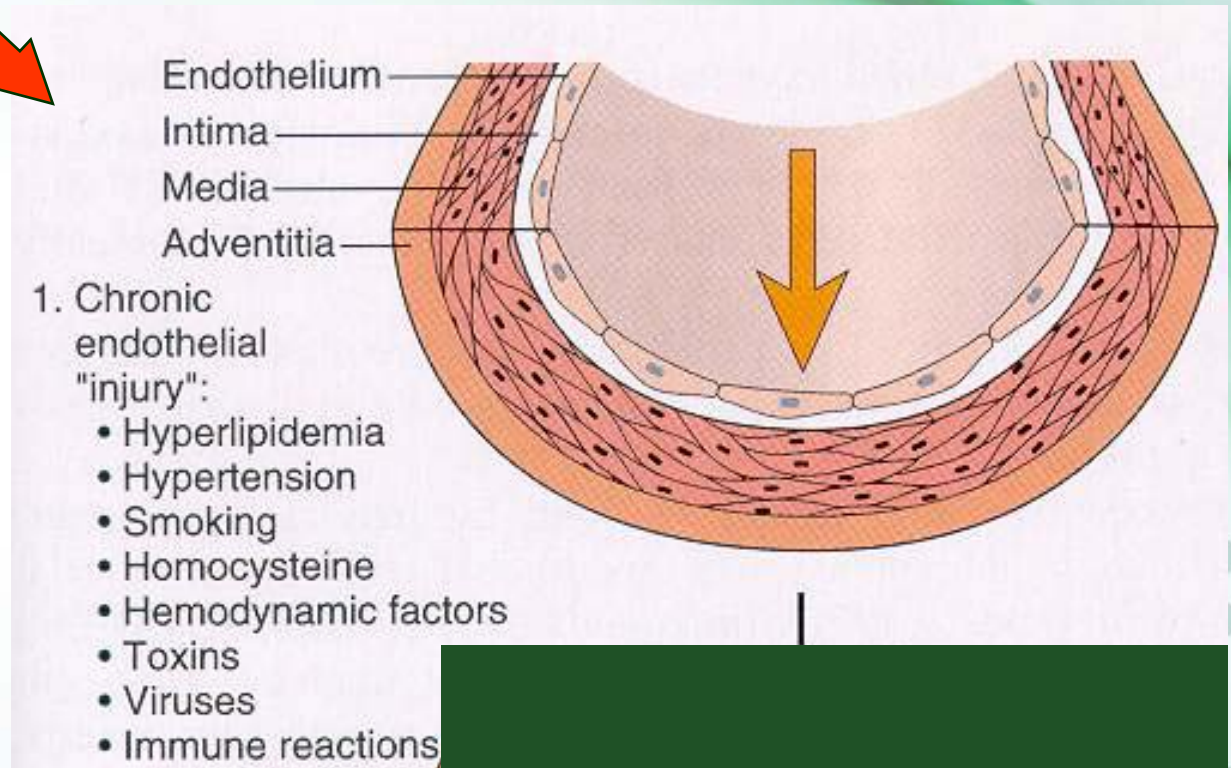
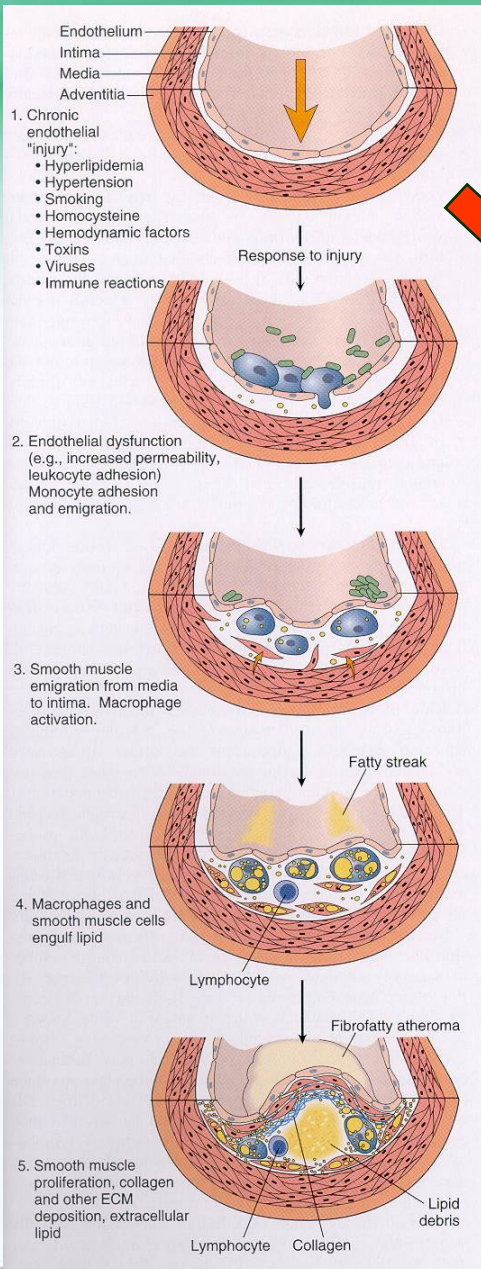
# 研究背景

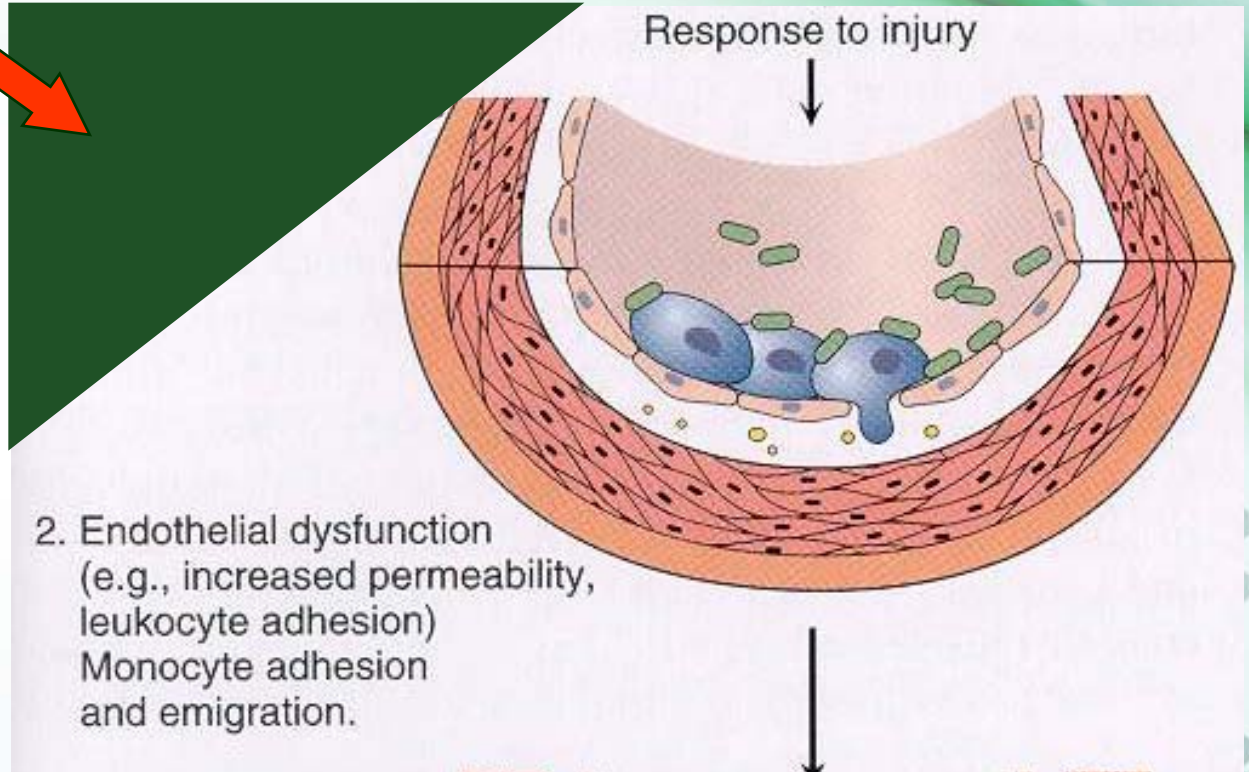
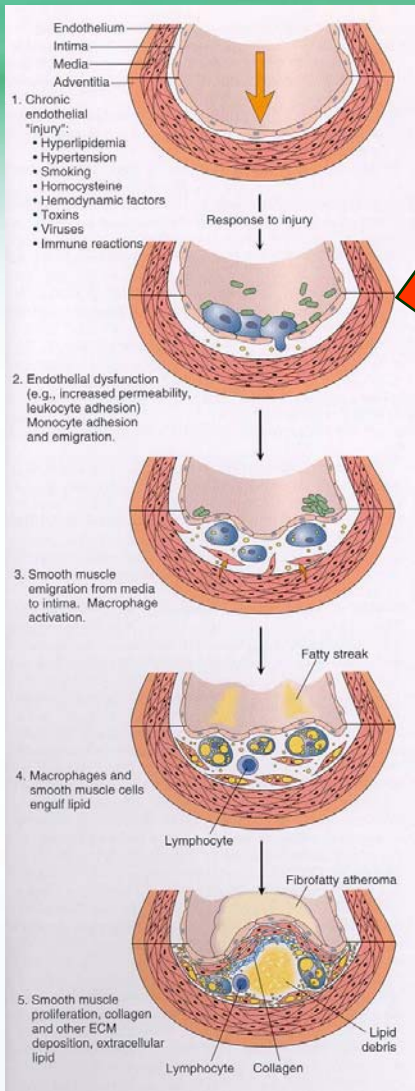
- 急性冠脉事件主要由粥样硬化不稳定斑块破裂及血栓形成所致[1-2]
- 不稳定斑块的病理特征
  - 大的脂质核
  - 薄的纤维帽
  - 炎细胞的浸润
  - 新生血管的形成

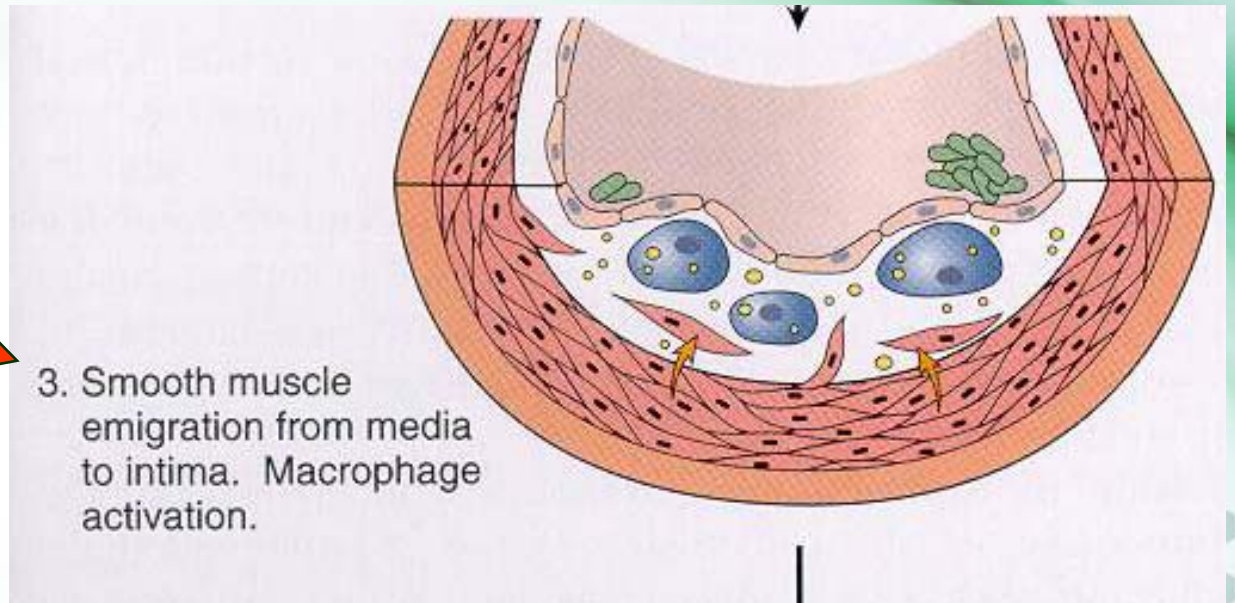
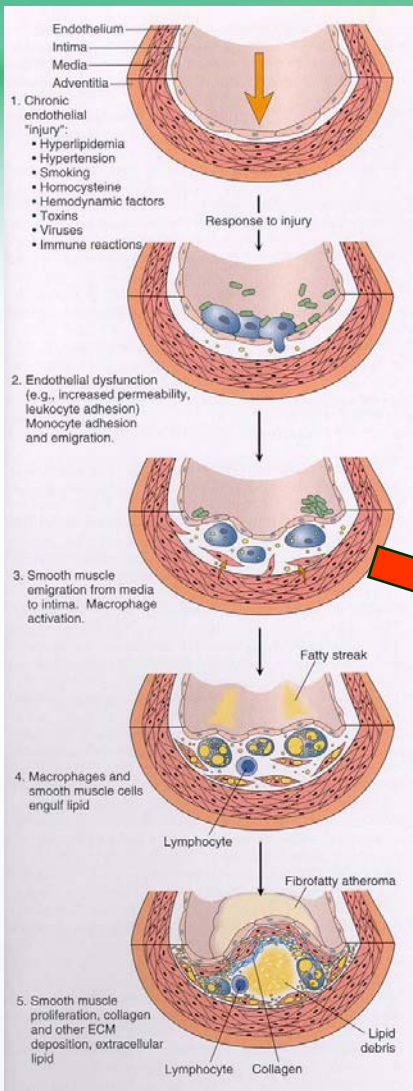
1. Rentrop KP. *Circulation*, 2000, 101:1619–1626.

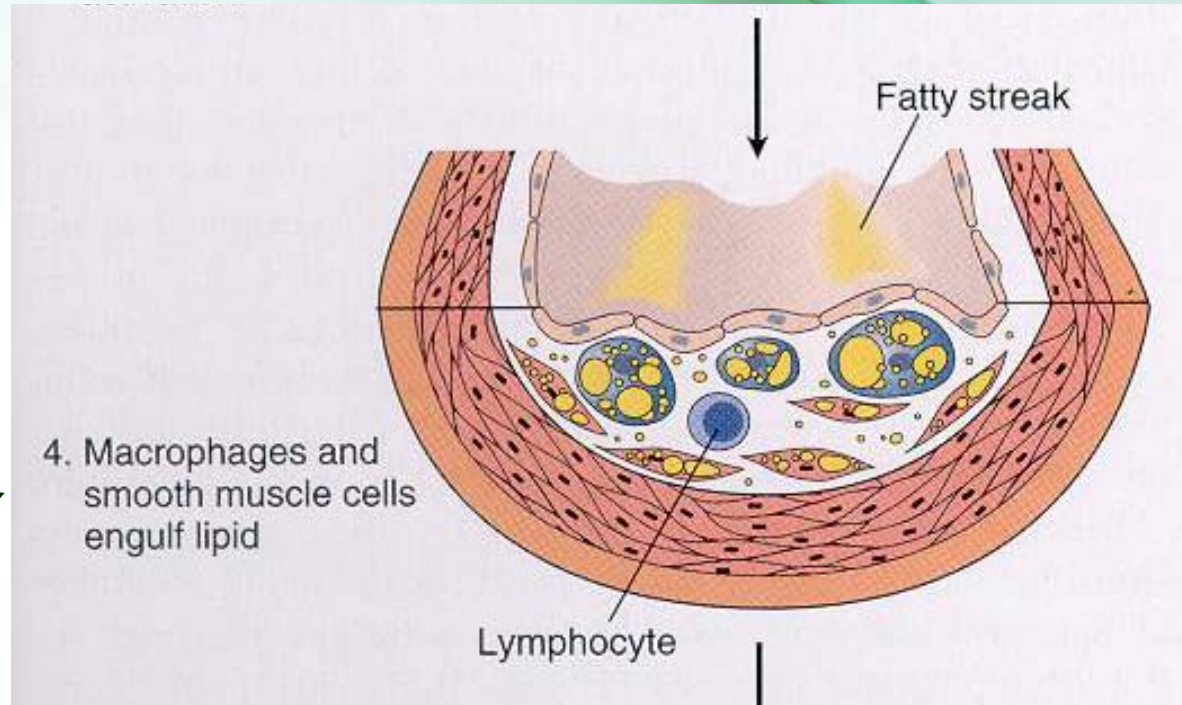
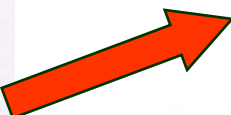
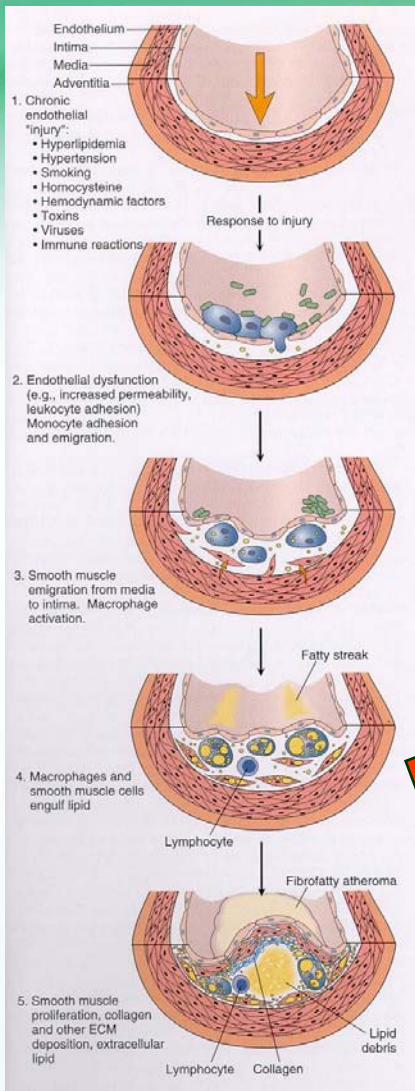
2. Ojio S, et al. *Circulation*, 2000; 102:2063–2069

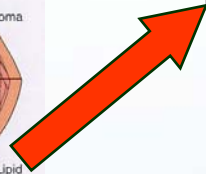
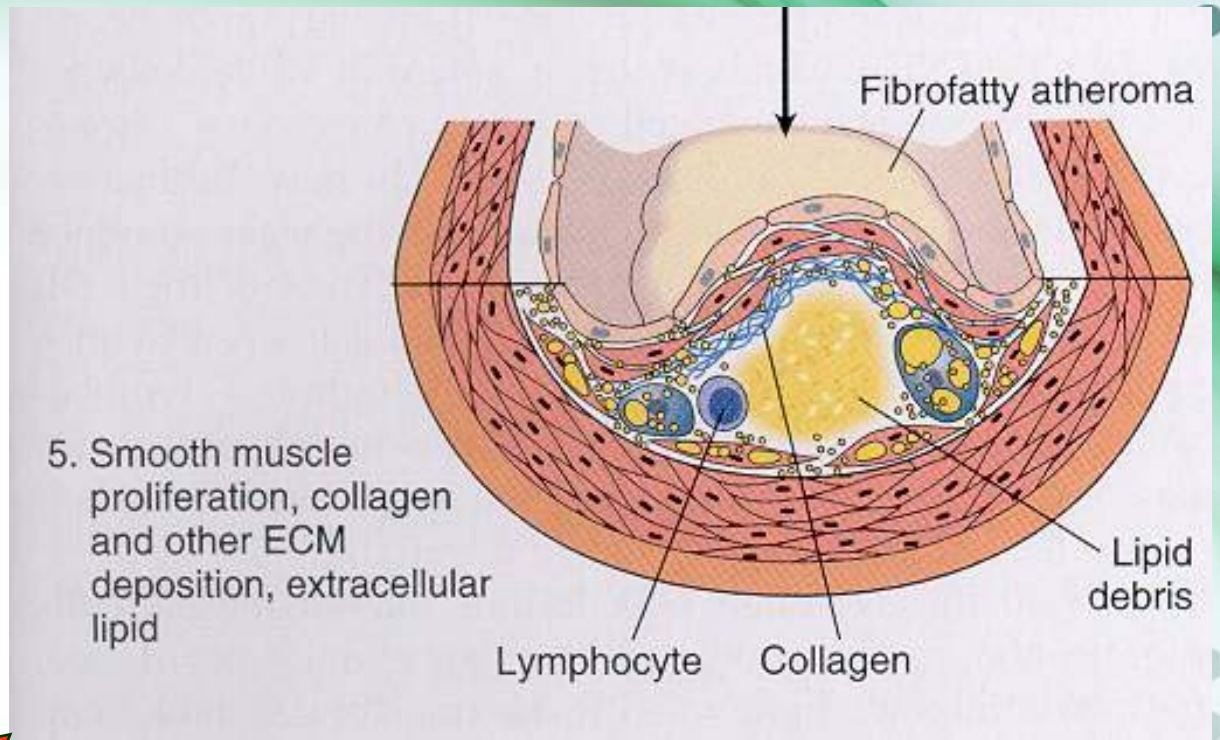
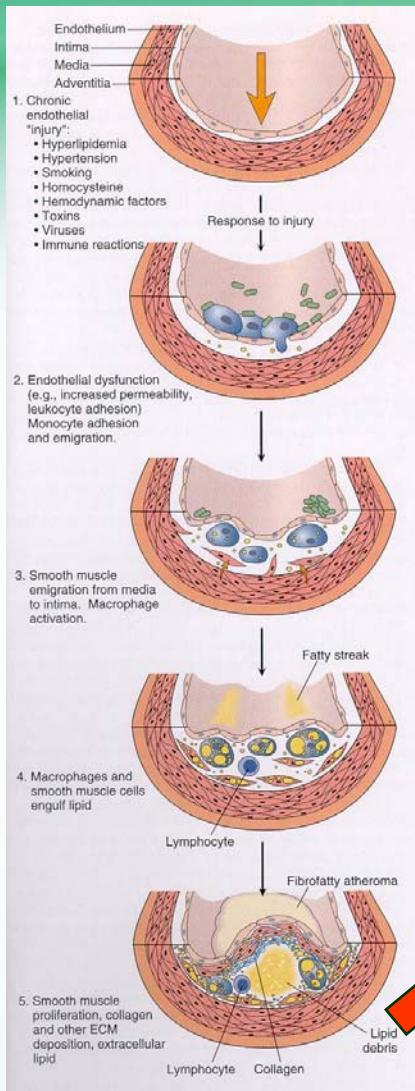
# 粥样硬化斑块的形成过程







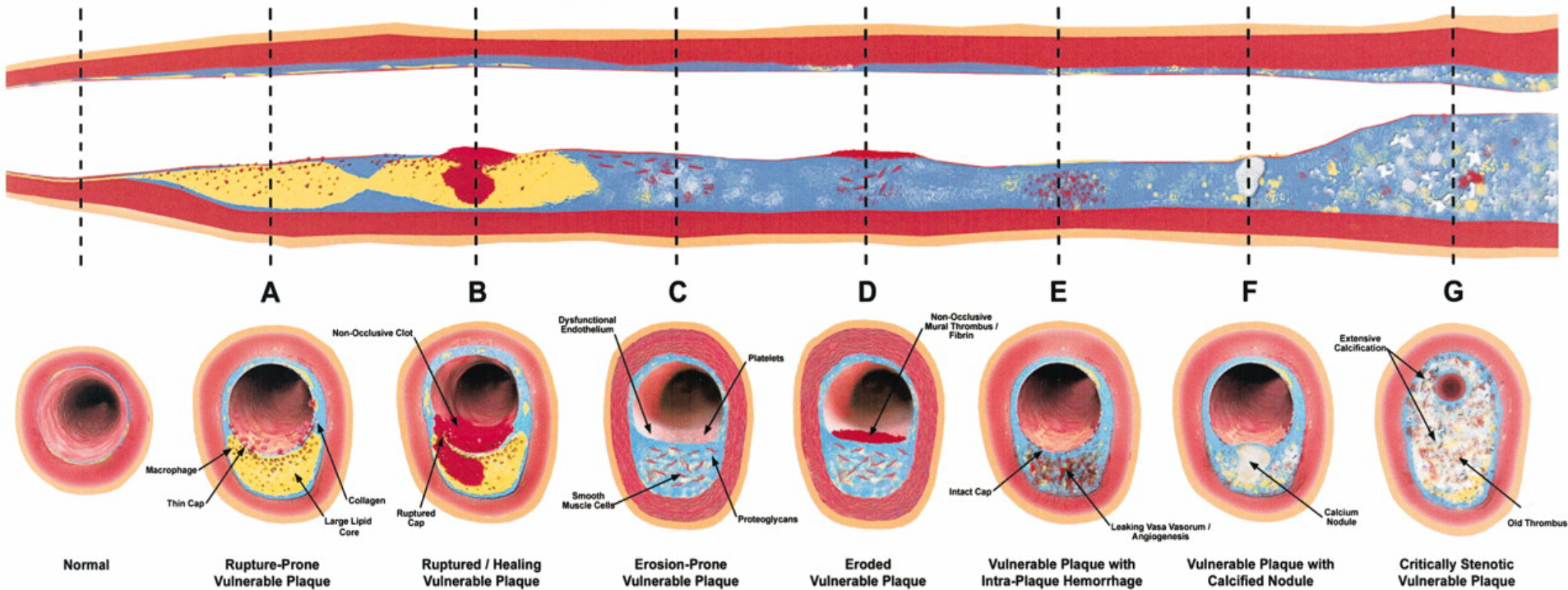






# 易损斑块的类型

## Different Types of Vulnerable Plaque



# 研究背景

- 显示斑块成分、识别不稳定斑块至关重要
- 目前冠心病的临床检查手段主要包括：  
**CTA、MRA、CAG、IVUS及OCT**

# CT对于斑块的显示

- 根据**CT**值判断斑块的成分<sup>[1]</sup>

- 脂质斑块: **50Hu**

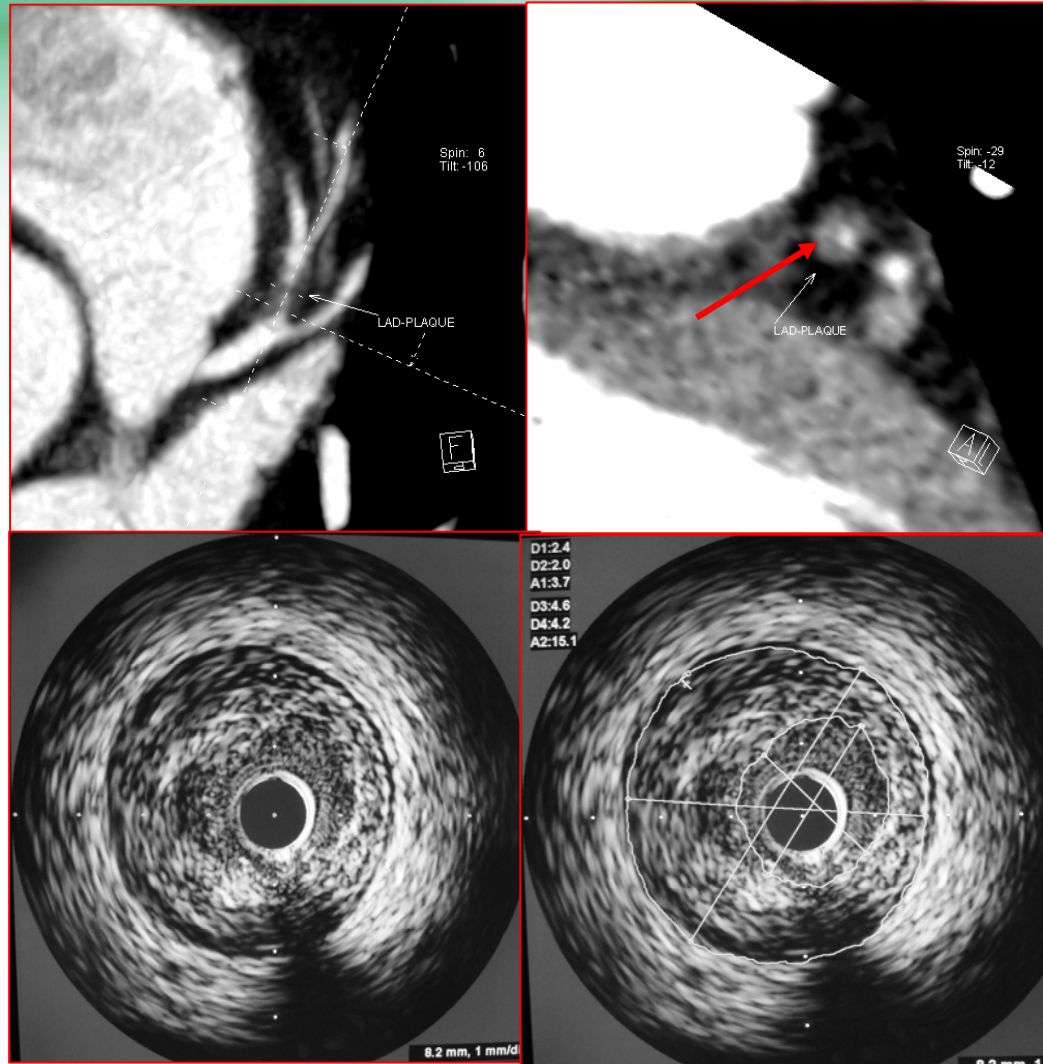
- 纤维斑块: **90Hu**

- 钙化斑块: **300Hu**

1.Nikolaou K. Atherosclerosis, 2004,174:243-252.

# CTA对于斑块的显示

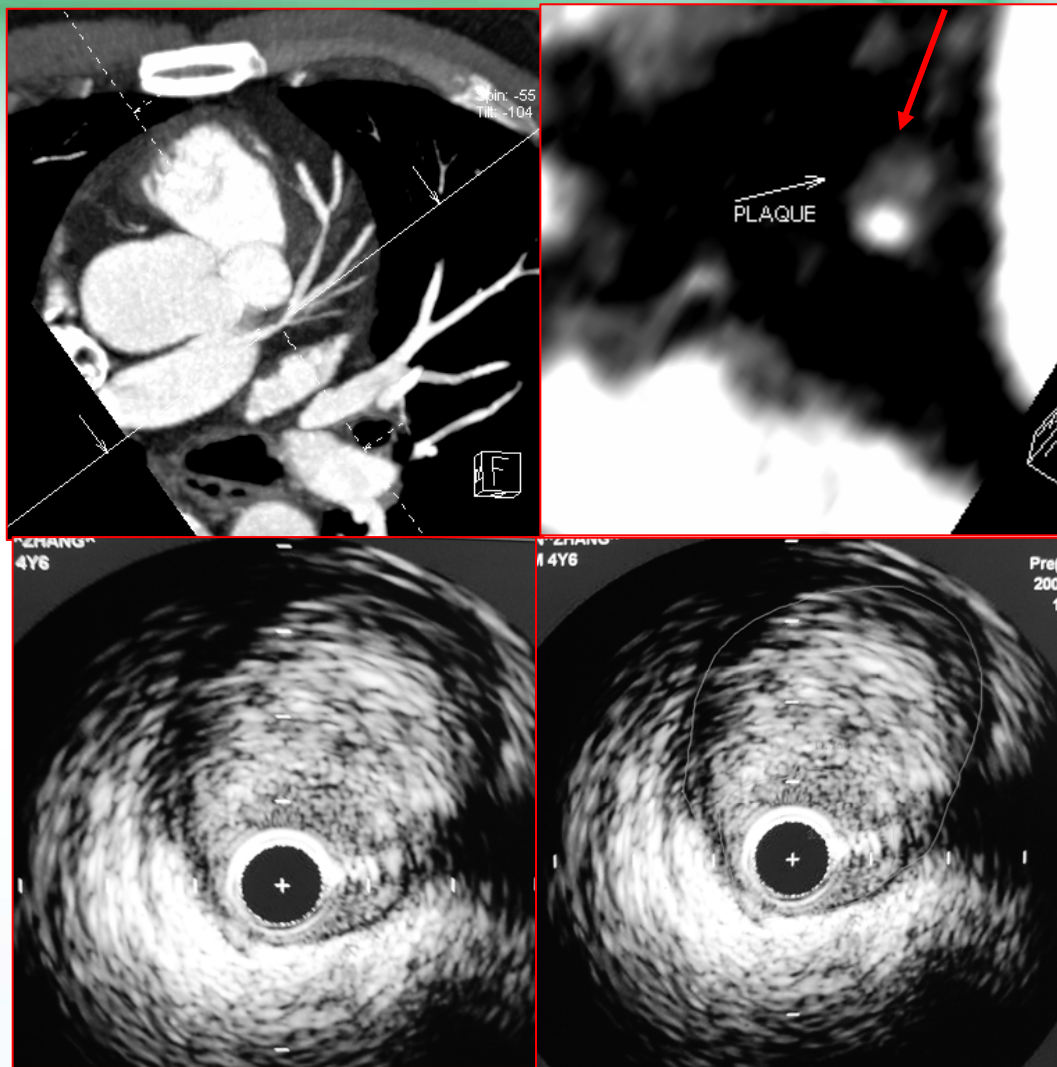
CT值40HU



男，47岁，不稳定性心绞痛

# CTA对于斑块的显示

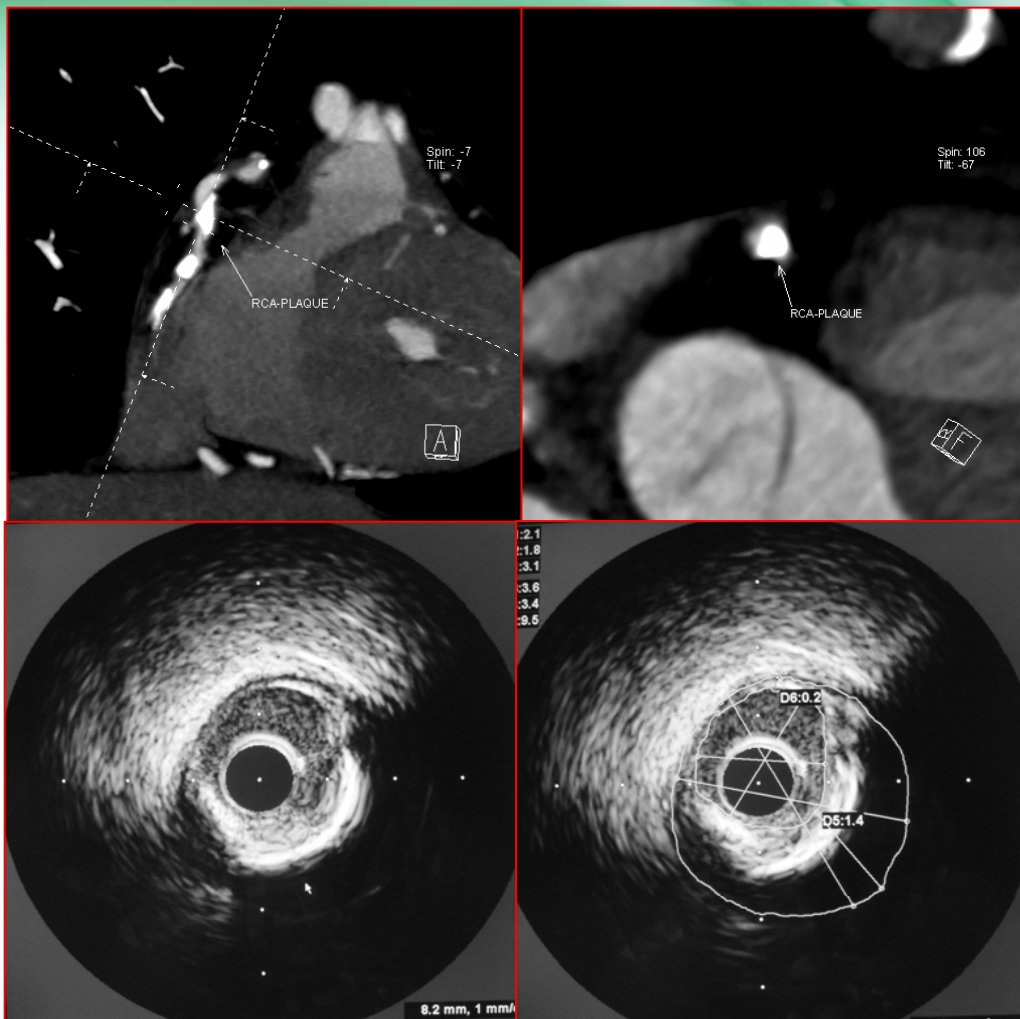
CT值86HU



男，45岁，不稳定性心绞痛

# CTA对于斑块的显示

CT值1578HU



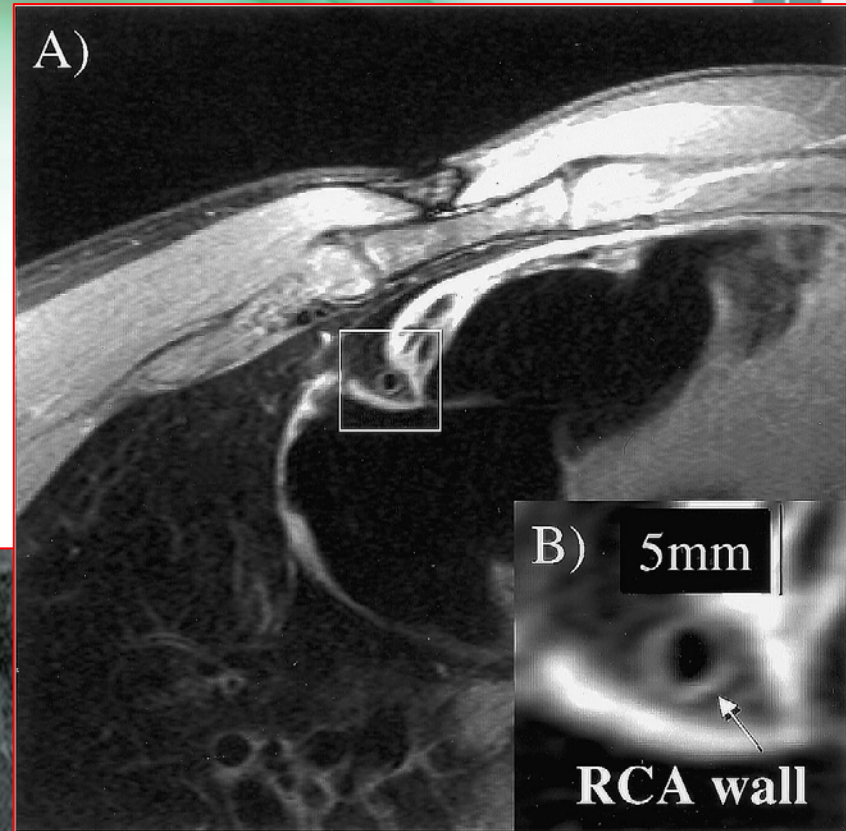
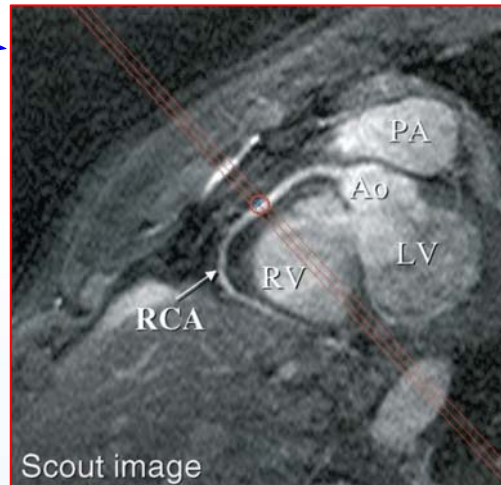
# 冠脉粥样硬化斑块的MRI研究现状

- 黑血技术成像冠脉管壁
- 黑血T1WI像高信号的斑块
- 分子影像MRI
- 斑块的强化

# 黑血技术成像冠状动脉管壁

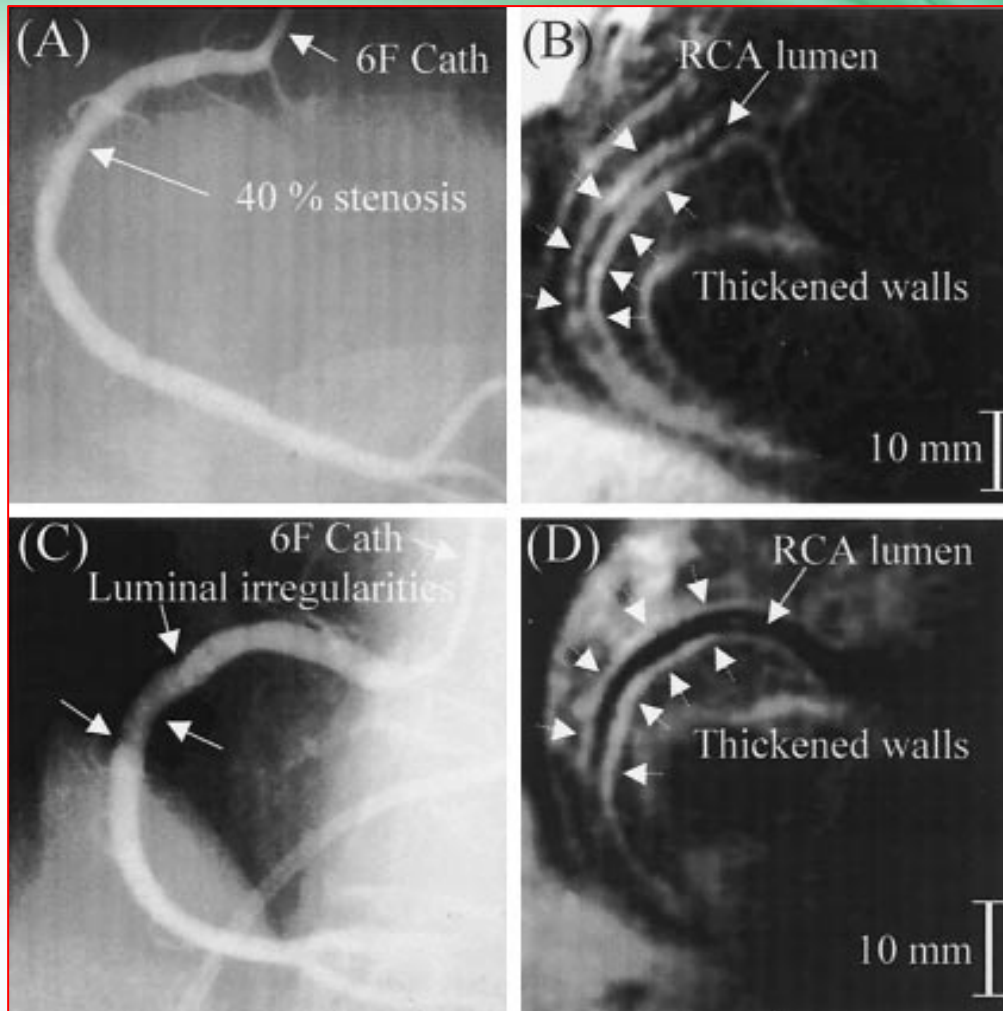
- IR (反转恢复技术)

- 2D: 覆盖范围小, 方向依赖性
- 3D: 采集时间长, 血流抑制不全
- 屏气
- 呼吸导航

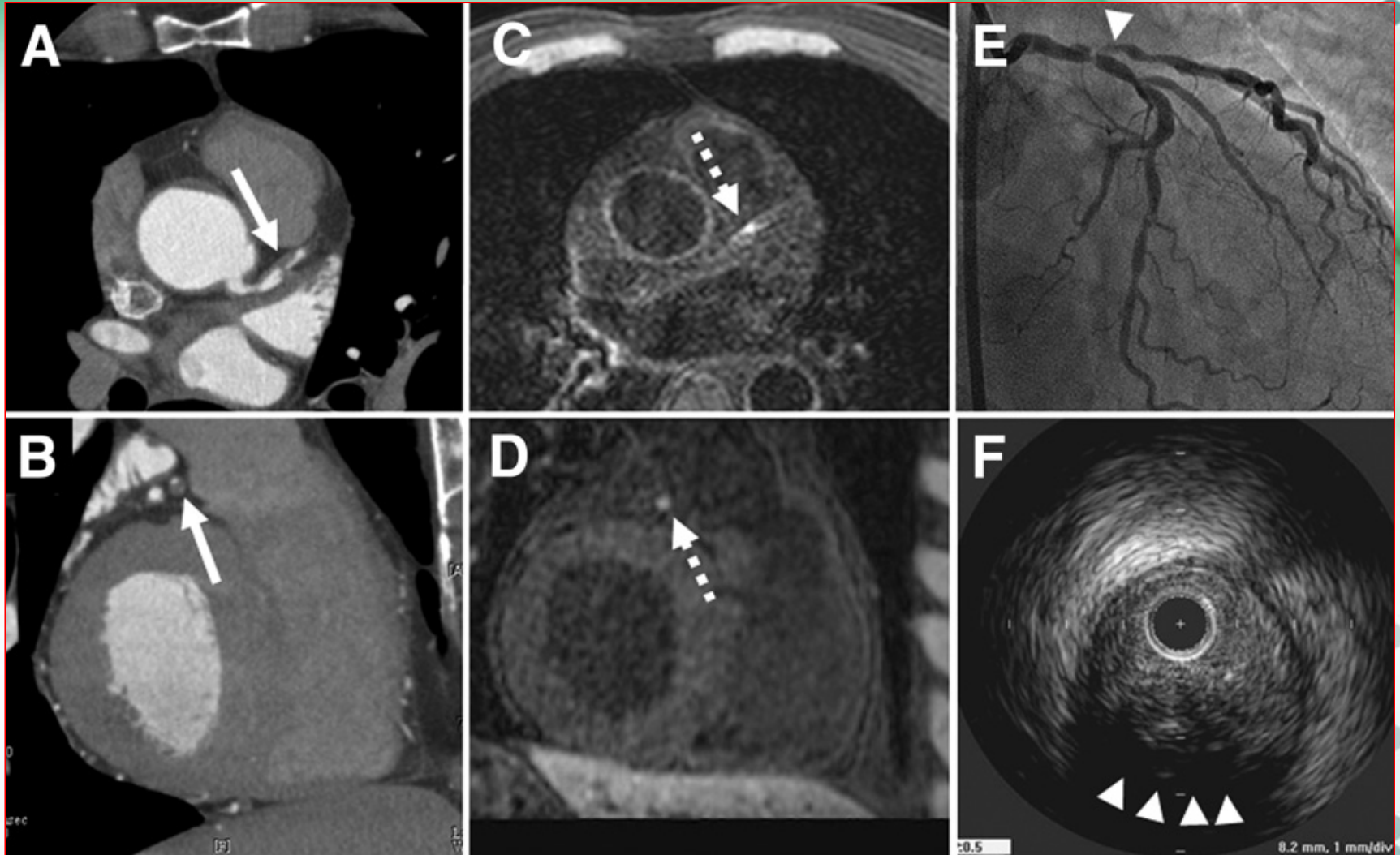




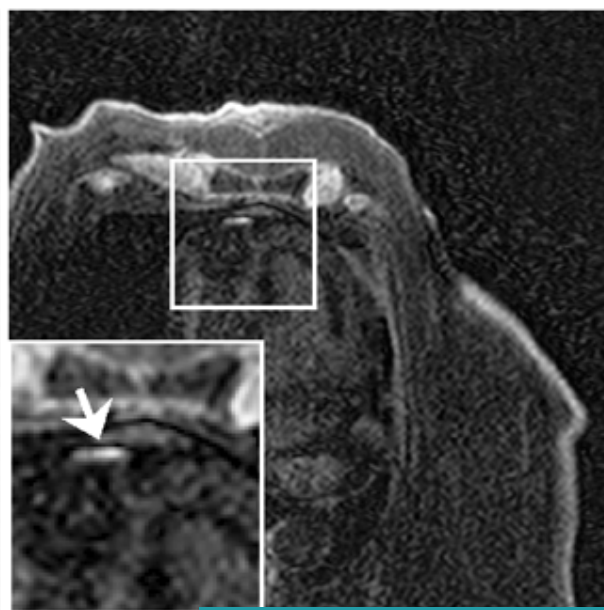
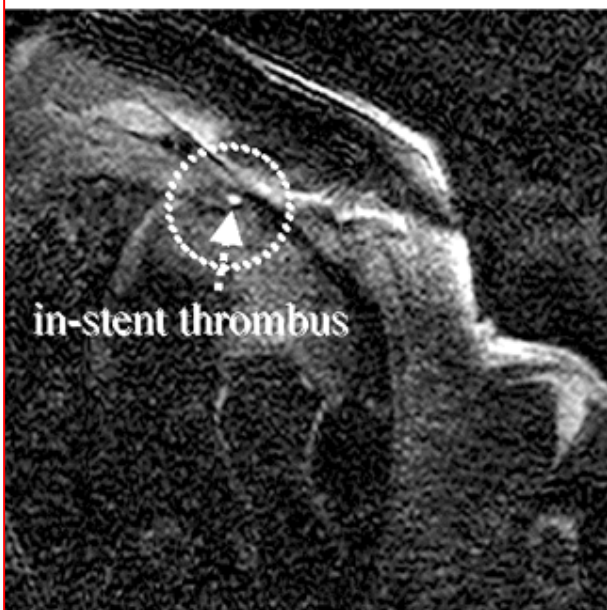
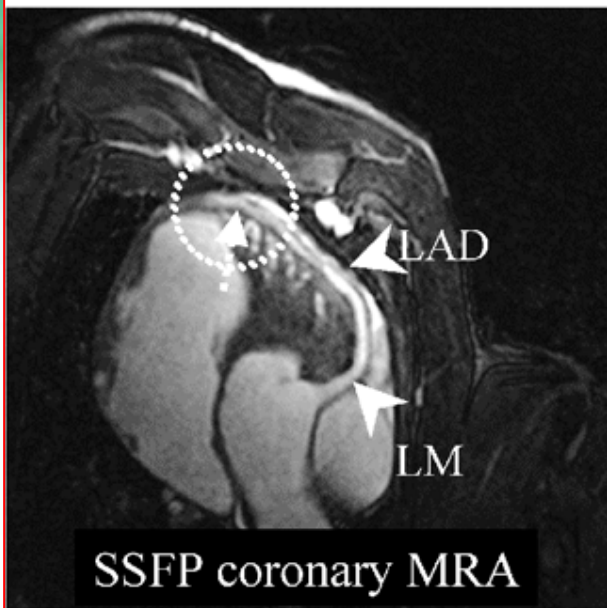
# 黑血技术成像冠状动脉管壁



# 黑血T1WI像高信号的斑块

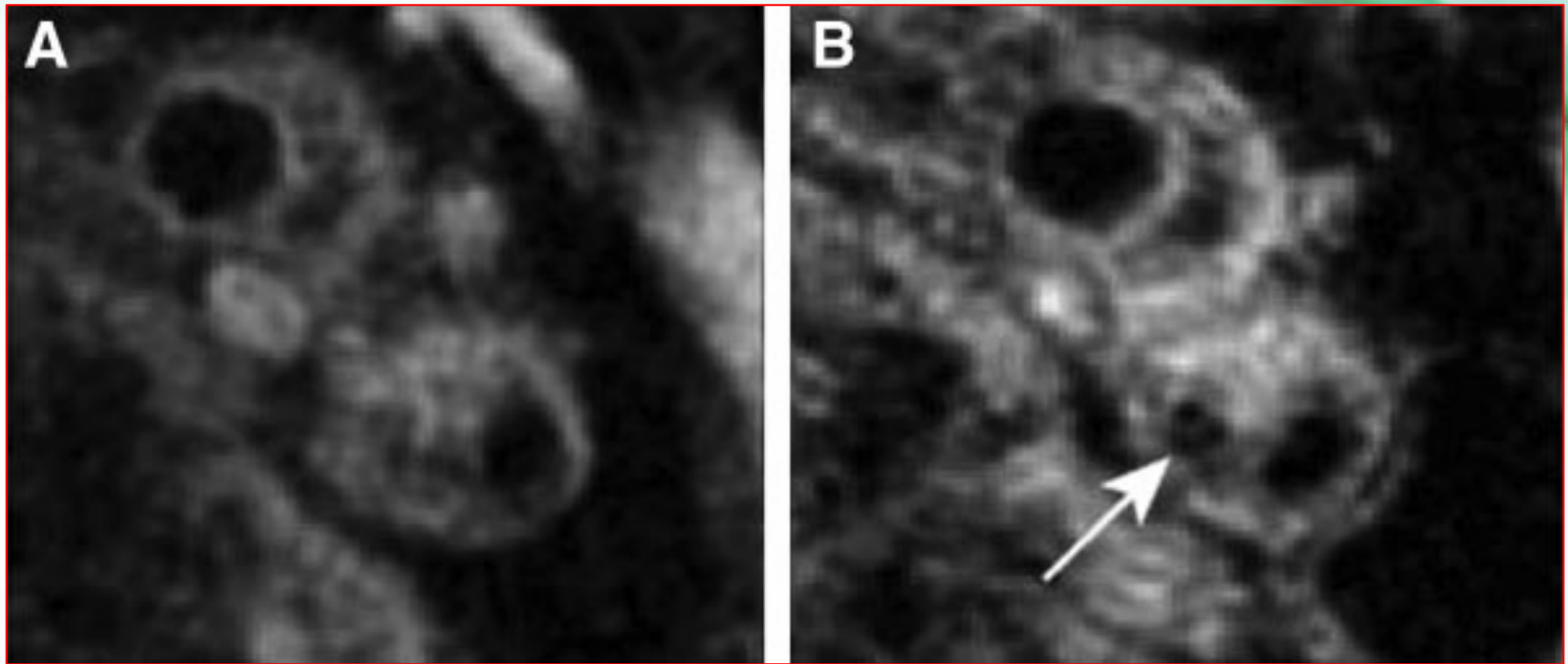


# 分子影像MRI-纤维素特异性对比剂



EP 21 04 R

# 分子影像MRI-巨噬细胞特异性对比剂



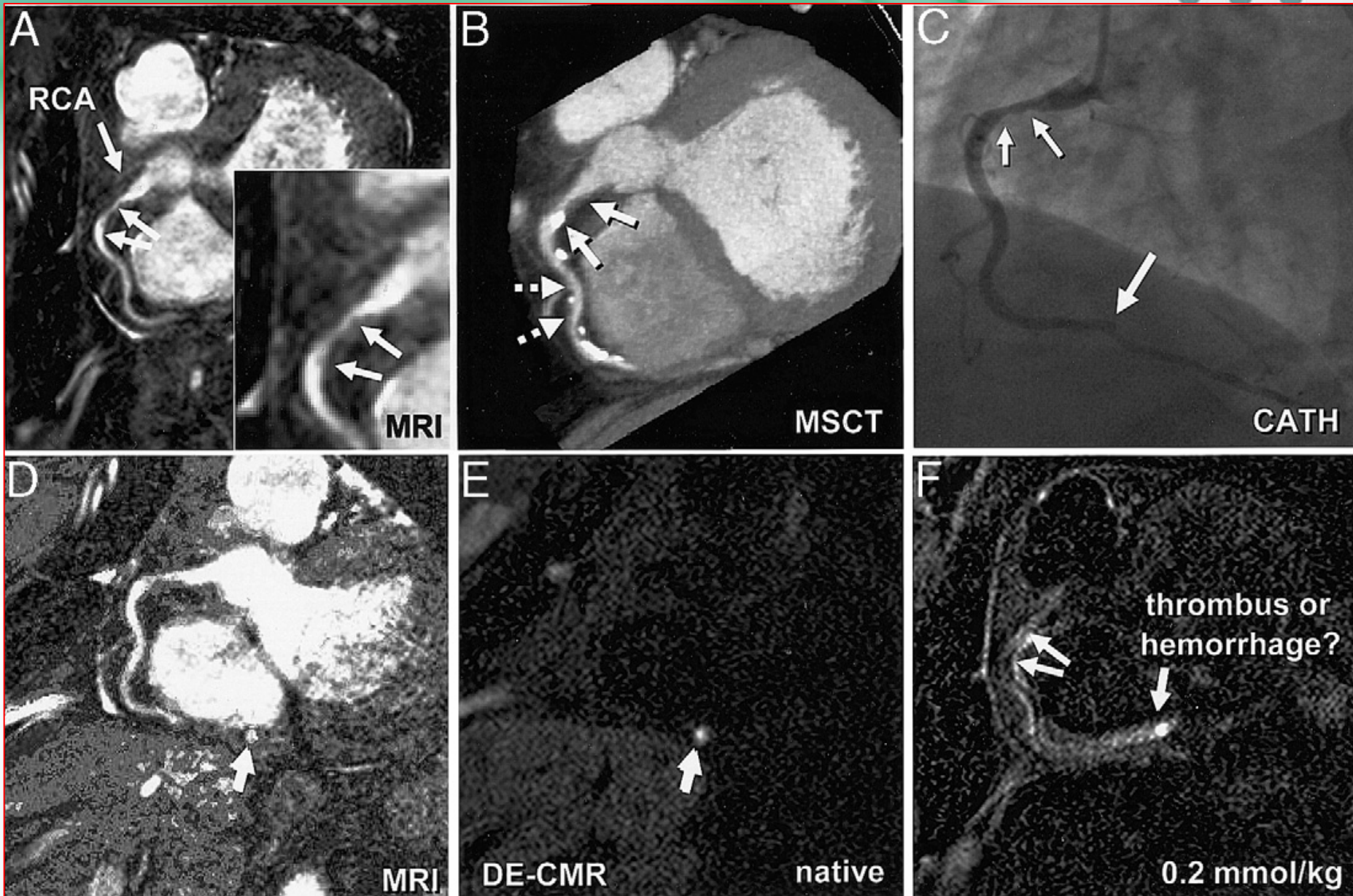
USPIO

Tang TY, et al. ATVB 2009, 29,1001-1008

# 斑块的强化



# 斑块的延迟强化



# 斑块的早期强化

Evaluation of the early enhancement of coronary atherosclerotic  
Plaque by contrast-enhanced MR angiography

# 目的

- 运用呼吸导航门控**3D-SSFP**序列，观察冠状动脉粥样硬化斑块**CEMRA**前后信号的变化，探讨**斑块强化**与其**稳定性**之间的关系



# 材料与方法

- 41例心绞痛患者
- 经MDCT显示的单支血管病变，位于冠状动脉近中段的非钙化斑块，管腔狭窄  $\geq 50\%$ 行MRA检查
- 测量斑块的对比噪声比 (CNR)
- 评价斑块的早期强化和不稳定心绞痛的关系

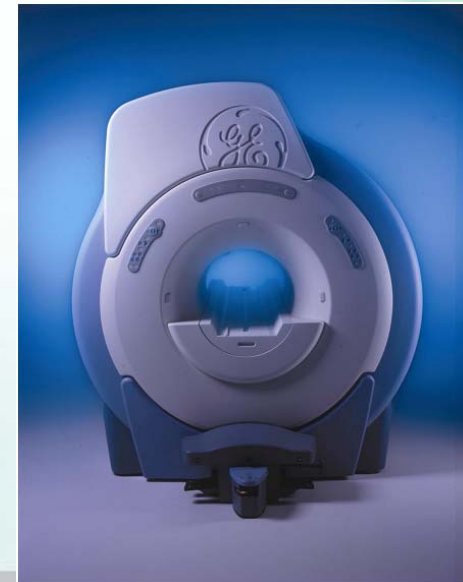
# 材料与amp;方法

- 冠状动脉MRA检查方法

- 脉冲序列: 快速稳态成像 (**FIESTA**: fast imaging employing steady state acquisition)

- 二维 FIESTA 电影成像: 用于定位成像并确定TD时间

TR:3.2ms, TE:1.2ms, 翻转角 $45^{\circ}$ , FOV 32cmx36cm, 层厚8mm, 矩阵224X192



# 冠状动脉MRA检查方法

- 呼吸导航回波触发三维FIESTA序列

- TR:4.7ms, TE:2.3ms

- FOV: 28cmX28cm, 翻转角65°, 矩阵256X256, 采样层厚2mmx16层

Navigator-gated 3D Coronary MRA

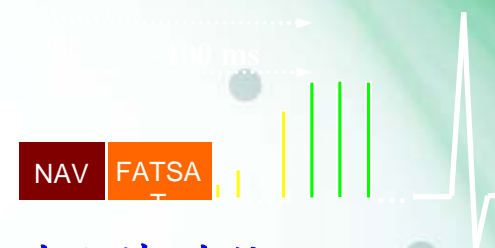
- 增强MRA

- 马根维显10ml,1.5ml/s的速度团注

- 马根维显20ml,0.05 ml/s的速度注入

- 生理盐水15ml,1.5ml/s的速度注入

- 注射造影剂与增强MRA同时进行, 对准CTA所显示的斑块的位置对同一支血管反复扫描两至三次



# 材料与amp;方法

- **冠状动脉粥样硬化斑块MRA评价指标**: 用MPR的方法重建出冠状动脉的横轴位影像，在横轴位与CTA相同的位置上分别测量冠状动脉粥样硬化斑块和周围结缔组织增强前、增强后不同期相（5分钟、10分钟、15分钟）的信号强度，并计算斑块与周围结缔组织的对比噪声比（CNR）。增强后斑块的CNR增加50%定义为斑块有强化

斑块信号强度-血管周围结缔组织信号强度

斑块与周围结缔组织CNR=

背景噪声

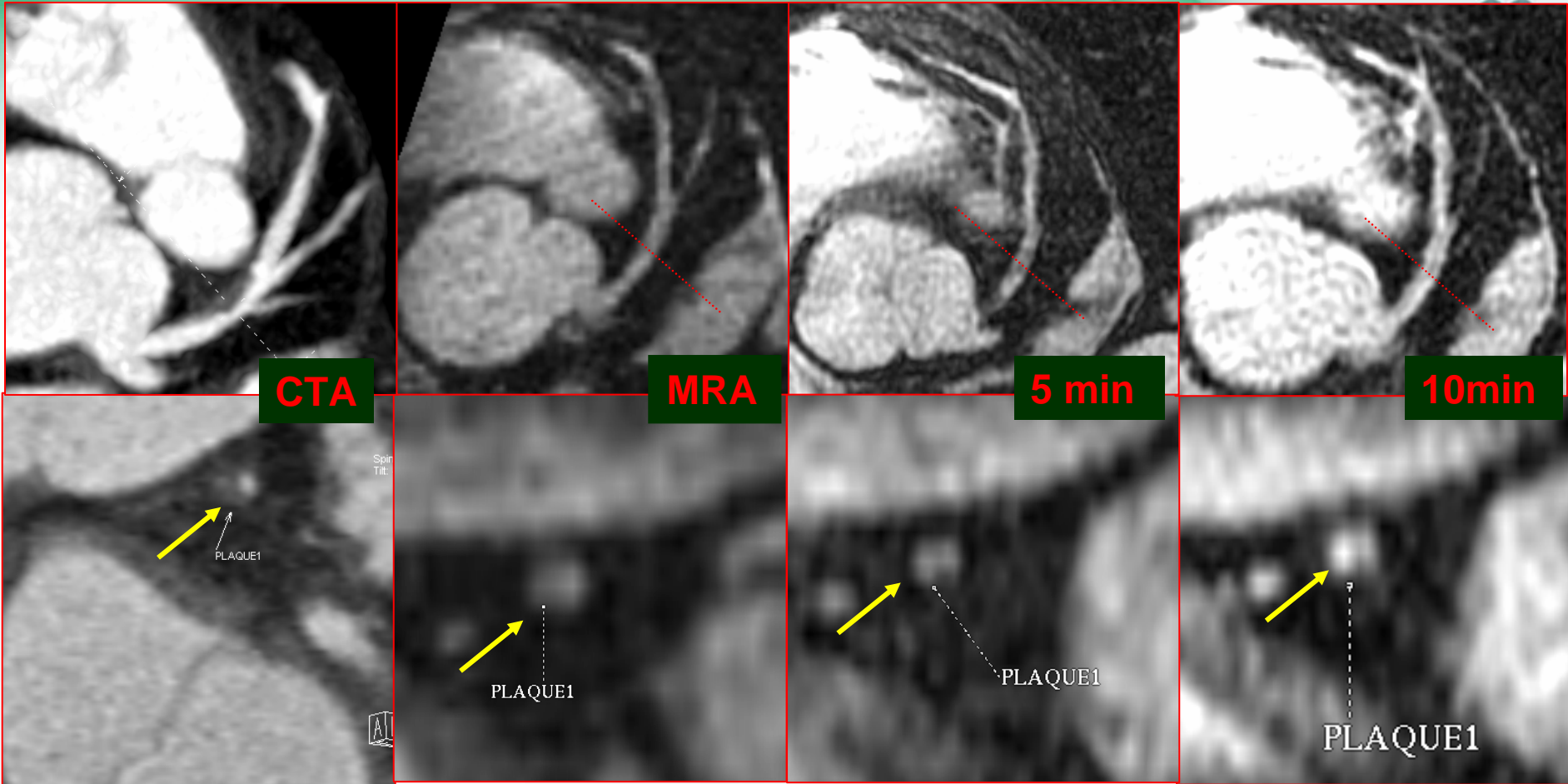
# 结 果

- **MRA**探测到**37**个患者的**37**个非钙化斑块，**18**个不稳定性心绞痛患者，**19**个稳定性心绞痛患者
- **13**个斑块显示早期强化，**24**个斑块没有早期强化
- **13**个强化斑块中有**6**个于增强扫描**5**分钟后即发生强化，其余**7**个增强**10**分钟后斑块可见强化
- **13**个早期强化的斑块中，**11**个位于不稳定性心绞痛的患者中，**2**个位于稳定性心绞痛患者中（ $p < 0.01$ ）

## Patients category with and without early enhancement plaque

Category		Plaque Enhancement	No plaque enhancement	Total
patients	UAP	11	7	18
	SAP	2	17	19
	Total	13	24	37

# 斑块的早期强化

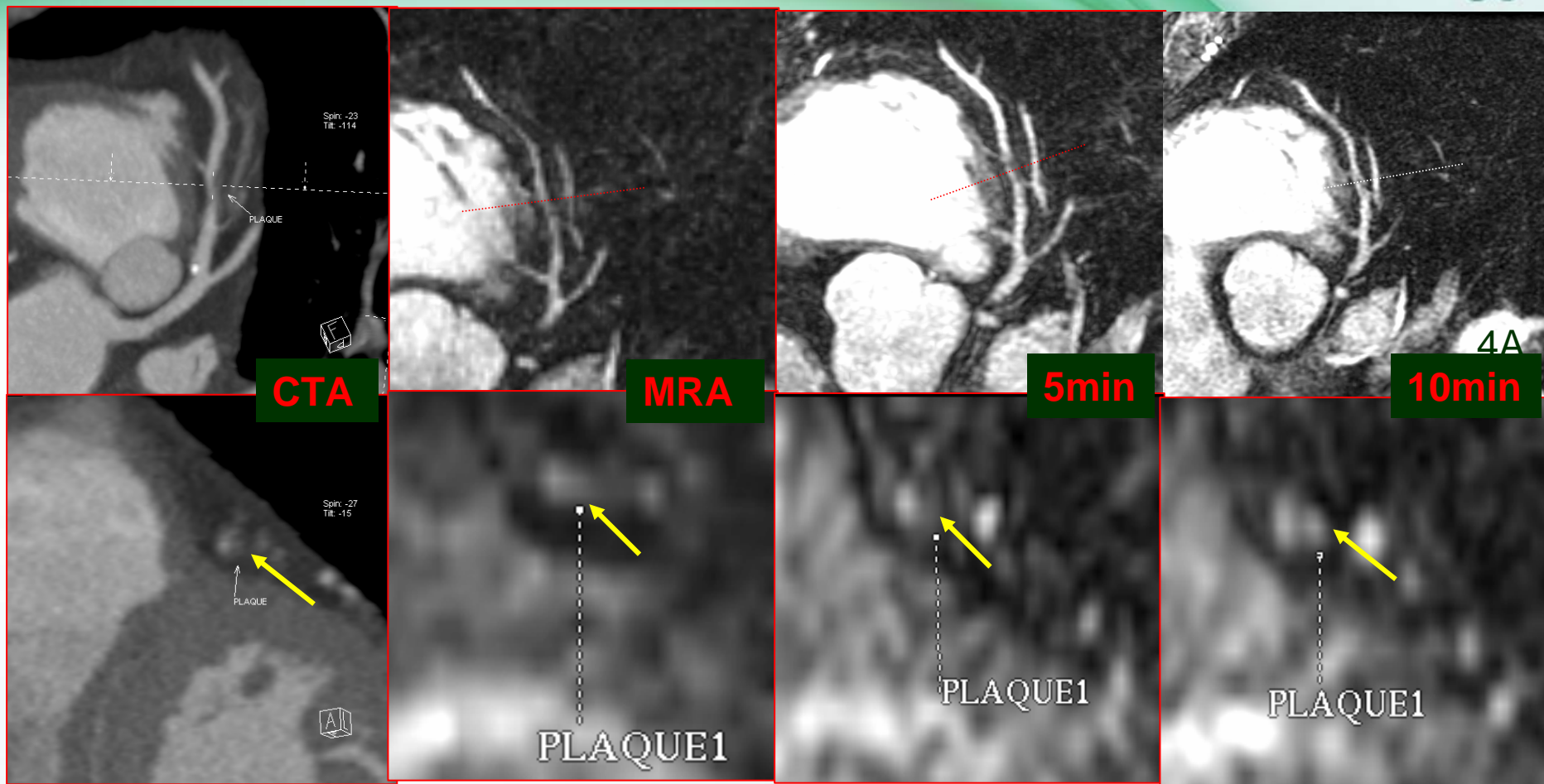


男，46岁，不稳定性心绞痛

斑块5分钟强化



# 斑块的早期强化



男，53岁，不稳定性心绞痛，急性前壁心肌梗塞恢复期

10分钟强化



# 结 论

- 冠状动脉MRA可以探测到斑块的早期强化
- 早期强化在不稳定心绞痛患者多
- 斑块强化的原因与炎细胞的浸润、纤维帽的破裂、病理性的新生血管有关，可能反映了斑块的不稳定性

# 离体冠脉粥样硬化斑块的研究

Classification of human coronary atherosclerotic plaques using ex Vivo high-resolution multicontrast weighted MR imaging

# 主要内容

## 第一部分

猪体外冠状动脉管壁高分辨MRI成像的实验研究

## 第二部分

尸检标本冠状动脉粥样硬化斑块的CT、MRI及病理对照研究

# 技术路线-猪心实验

MRI检查

10个新鲜的猪心

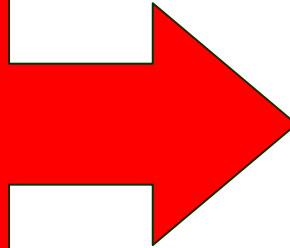
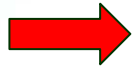
膝关节线圈

头表面线圈

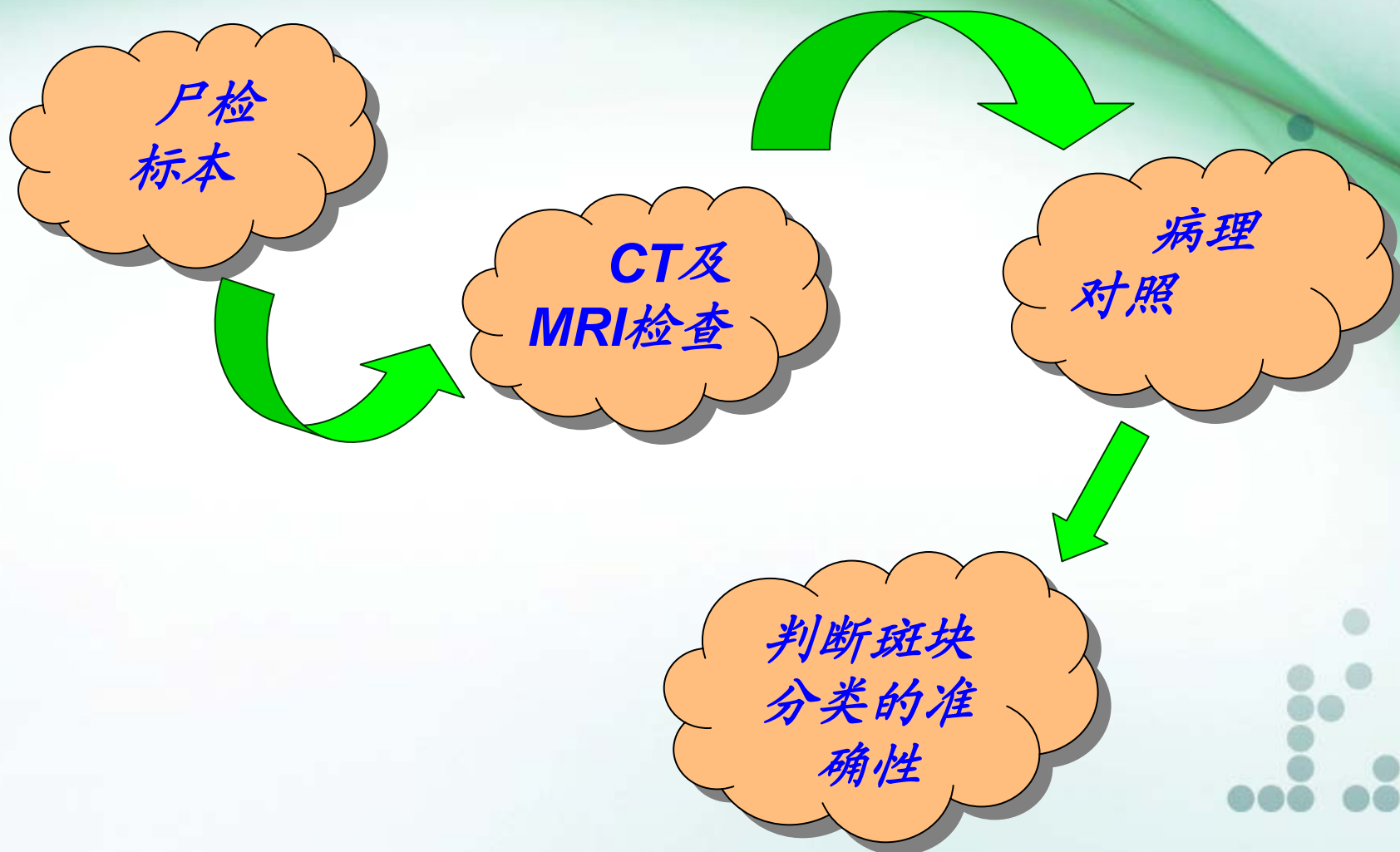
颞下颌关节线圈

选出分辨率最高的线圈

行冠脉管壁多对比成像

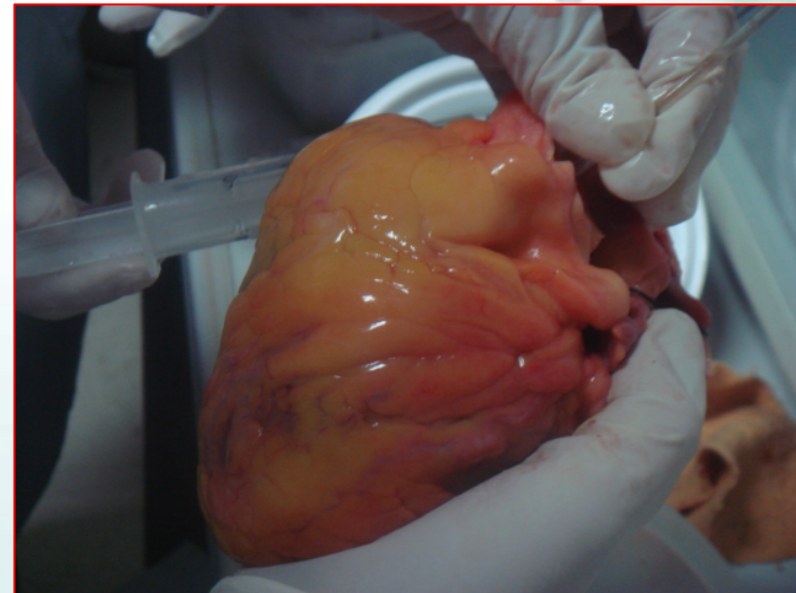


# 技术路线-尸检标本



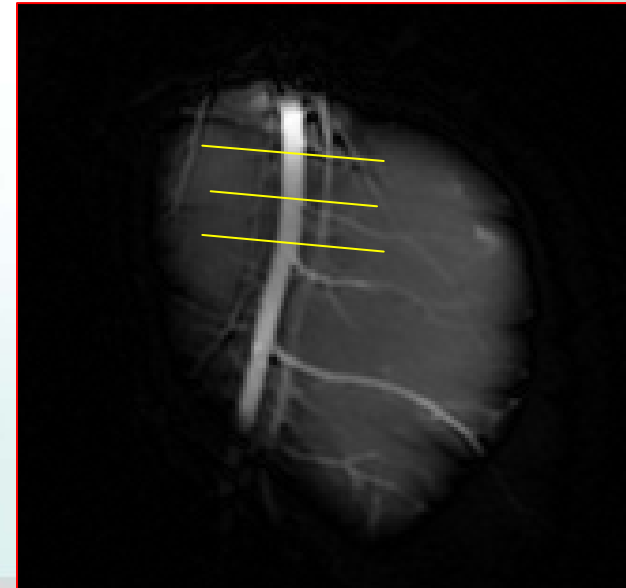
# 猪体外冠状动脉管壁高分辨MRI成像的实验研究

- 10个新鲜猪心，插管至LM近端
- GE SIGNA 1.5 T HD 磁共振扫描仪
- 八通道头线圈、膝关节线圈、颞下颌关节表面线圈行T1WI像
- 比较不同线圈的图像质量 (SNR,CNR)
- 统计学分析



# 材料与amp;方法

- 冠状动脉MR检查方法及步骤
  - 八通道头线圈、膝关节线圈、颞下颌关节表面线圈行**T1WI**像，TR:440ms, TE:21ms, FOV 12cmx9cm, 层厚2mm, 间隔0.2mm, 矩阵384x256, 空间分辨率为313umx352um, NEX 3
  - 3D快速稳态成像 (**FIESTA**)序列用于LAD定位
  - 颞下颌关节线圈: 512x512矩阵
  - 颞下颌关节线圈: 含有Resovist的生理盐水20ml, 分别行脂肪抑制的**T1WI, PDW** 和**frFSE T2WI**像



# 材料与amp;方法

## ● 冠状动脉管壁MRI成像的评价指标

- 以前降支近段管壁、管腔、前降支周围心外膜下的脂肪结缔组织、前降支邻近的室间隔的心肌作为感兴趣区

$$\text{SNR} = \frac{\text{心肌信号强度}}{\text{背景噪声}}$$

$$\text{CNR1} = \frac{\text{冠状动脉管壁信号强度} - \text{管腔的信号强度}}{\text{背景噪声}}$$

$$\text{CNR2} = \frac{\text{冠状动脉管壁信号强度} - \text{周围心外膜下结缔组织的信号强度}}{\text{背景噪声}}$$



# 材料与amp;方法

## ● 统计学方法

- 八通道头线圈、膝关节线圈、颞下颌关节线圈成像前降支管壁 T1WI 的SNR, CNR1, CNR2: t 检验
- 不同矩阵成像前降支管壁 T1WI的SNR, CNR1, CNR2: t 检验
- 不同NEX成像前降支管壁T1WI、PDW、frFSE T2WI像的SNR、CNR1、CNR2:t 检验

# 结 果

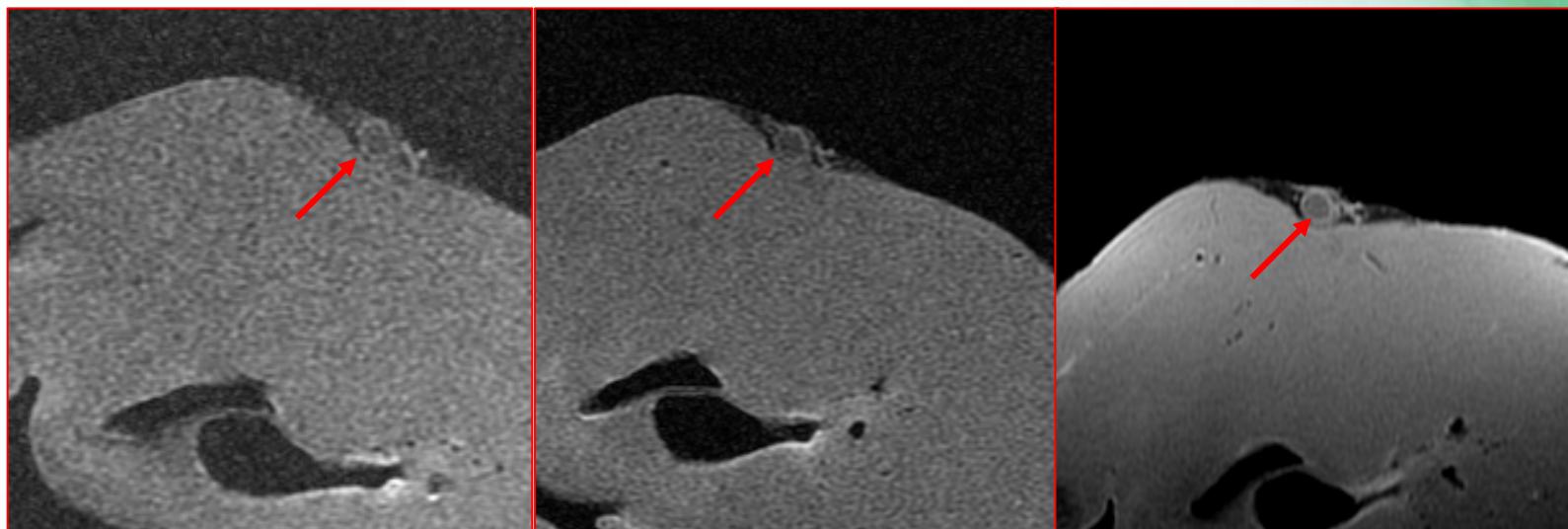
## 不同线圈冠状动脉管壁MR T1WI 像的SNR和CNR

线圈	矩阵	激励次数	SNR	CNR1	CNR2
八通道线圈	384x256	3	12.06	4.70	6.49
膝关节线圈	384x256	3	14.42	5.30	9.06
颞下颌线圈	384x256	3	72.89	18.18	53.32
颞下颌线圈	512x512	3	34.18	11.72	24.85
P值			<0.05	<0.05	<0.05

# 颞下颌关节成像冠状动脉管壁的SNR和CNR

序列	矩阵	激励次数	SNR	CNR1	CNR2
T1WI	512x512	1	21.88	17.70	15.03
		2	32.10	27.40	26.16
		3	39.57	34.38	33.63
P值			<0.05	<0.05	<0.05
PDW	512x512	1	67.89	58.97	52.63
		2	92.91	84.15	79.10
		3	92.91	84.15	79.10
P值			<0.05	<0.05	<0.05
FSE T2WI	512x512	1	14.13	12.61	11.21
		2	20.78	19.37	15.99
		3	27	27.60	22.08
P值			<0.05	<0.05	<0.05

# 结 果



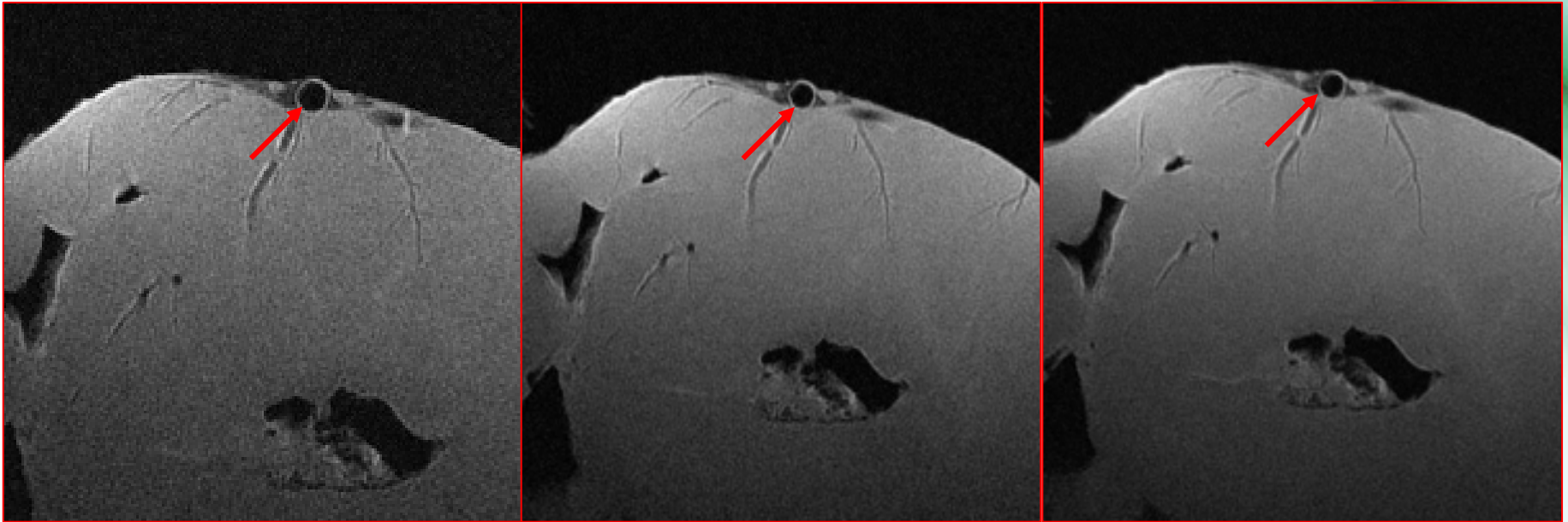
头线圈

膝关节线圈

颞下颌关节线圈

384x256 3NEX FSE T1WI

# 结果



NEX 1

NEX 2

NEX 3

颞下颌线圈 512x512

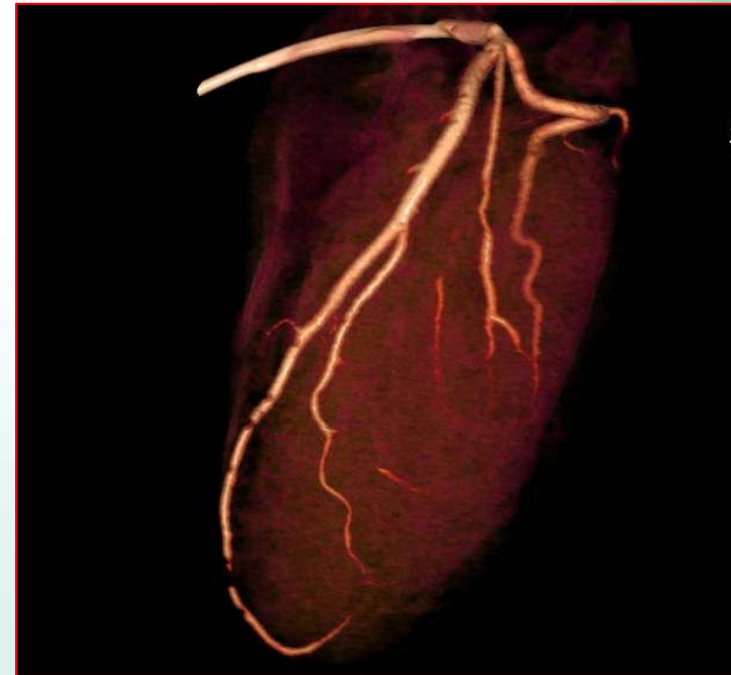
# 结 论

- 选择颞下颌关节线圈可以提高图像质量，使冠状动脉管壁的显示更加清晰
- **Resovist** 这种负性对比剂注入冠状动脉管腔，成像PDW和frFSE T2WI像，可以形成管壁和管腔的良好对比

# 尸检标本冠状动脉粥样硬化斑块

## CT、MRI及病理对照研究

- 13个尸检患者心脏（恶性肿瘤5例，感染4例，心梗3例，外伤1例），男：女 = 12：1，平均年龄86岁
- 行冠状动脉CTA检查
- 行冠状动脉MRA检查
- MR造影剂 Resovist（莫迪司），0.5mmol Fe/ml, 50ml生理盐水滴0.1ml



# 材料和方法

## ● 冠状动脉CTA检查方法

- 经三通管注入含有欧乃派克和甲基纤维素的生理盐水20ml
- 扫描参数: KV120; 200eff.mAs, 螺距1.0, 重建层厚3mm, 64x0.6准直, 球管转速500ms/周, 扫描时间3秒。回顾性的重建层厚0.6mm, 重建间隔0.4mm
- SIEMENS Circulation 2:VR, MIP, MPR

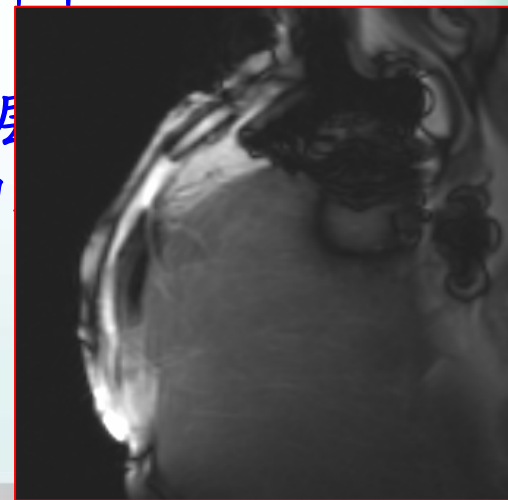




# 材料和方法

## ● 冠状动脉MRA检查方法

- 颞下颌关节表面线圈成像
- 3D快速稳态成像 (**FIESTA**) 序列用于左冠状动脉前降支成像
- 注入含有甲基纤维素的生理盐水20ml, 分别行脂肪抑制的T1WI, PDW 像, T1WI、PDW像**定位完全一致**, 扫描参数: SE T1WI: TR:440ms, TE:21ms, FOV 12cmx9cm, 层厚2mm, 间隔0.2mm, 矩阵512x512, 空间分辨率为234umx176um, NEX为2。 PDW: TR:2000ms, TE:21ms, FOV 12cmx9cm, 层厚2mm, 间隔0.2mm, 矩阵512x512, NEX为



# 材料和方法

## ● 冠状动脉MRA检查方法

- 注入含有Resovist的生理盐水20ml，重复扫描脂肪抑制的T1WI, PDW 像并行frFSE T2WI像扫描，frFSE: TR:4500ms, TE:105ms, FOV 12cmx9cm, 层厚2mm, 间隔0.2mm, 矩阵512x512, NEX为2。T1WI、PDW、frFSE T2WI定位完全一致

## 组织学检查

- 心脏在福尔马林溶液中固定一周
- 左主干及前降支从心脏分离出来，与MR检查相匹配，以左主干分叉处前降支近段**4cm**作为研究的靶血管，以**4mm**等分前降支近段为**10**个组织块，记录每个组织块距左主干分叉处的距离
- 脱钙、石蜡包埋，以**4 μm**层厚切片，**HE**染色



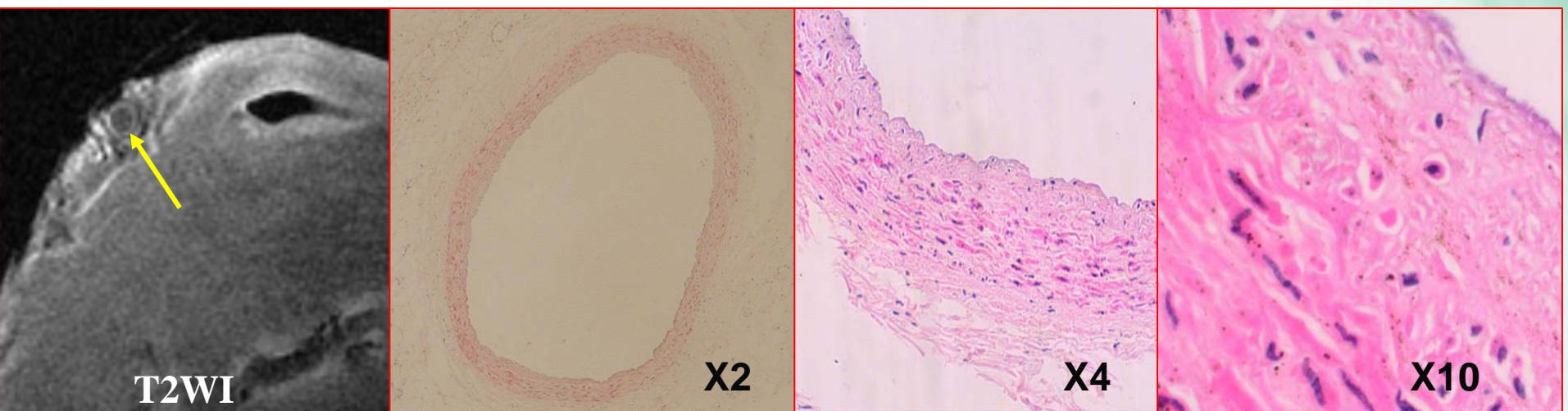
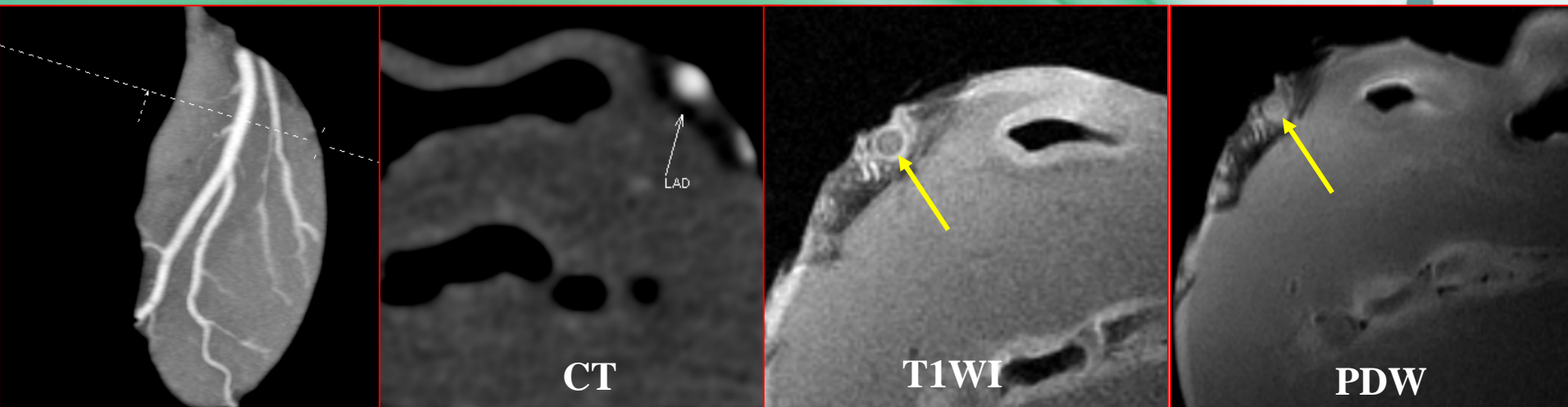
# 冠状动脉粥样硬化CTA及MRA 评价方法

- 分析原始的横轴位影像及重建的横轴位影像
- 分析斑块所在位置管壁的厚度:  $>1\text{mm}$
- CT值的变化:富含脂质的斑块CT值为50HU左右, 纤维斑块CT值为90HU左右, 钙化斑块CT值为300HU以上
- 管壁信号强度的改变
- 诊断试验方法: 与组织病理学相对照, 分析CT、MRI探测到的各种类型斑块的敏感性和特异性
- Kappa检验: CT及MRI对斑块分期与病理诊断的一致性

# 传统的及修改的动脉粥样硬化斑块的AHA分类

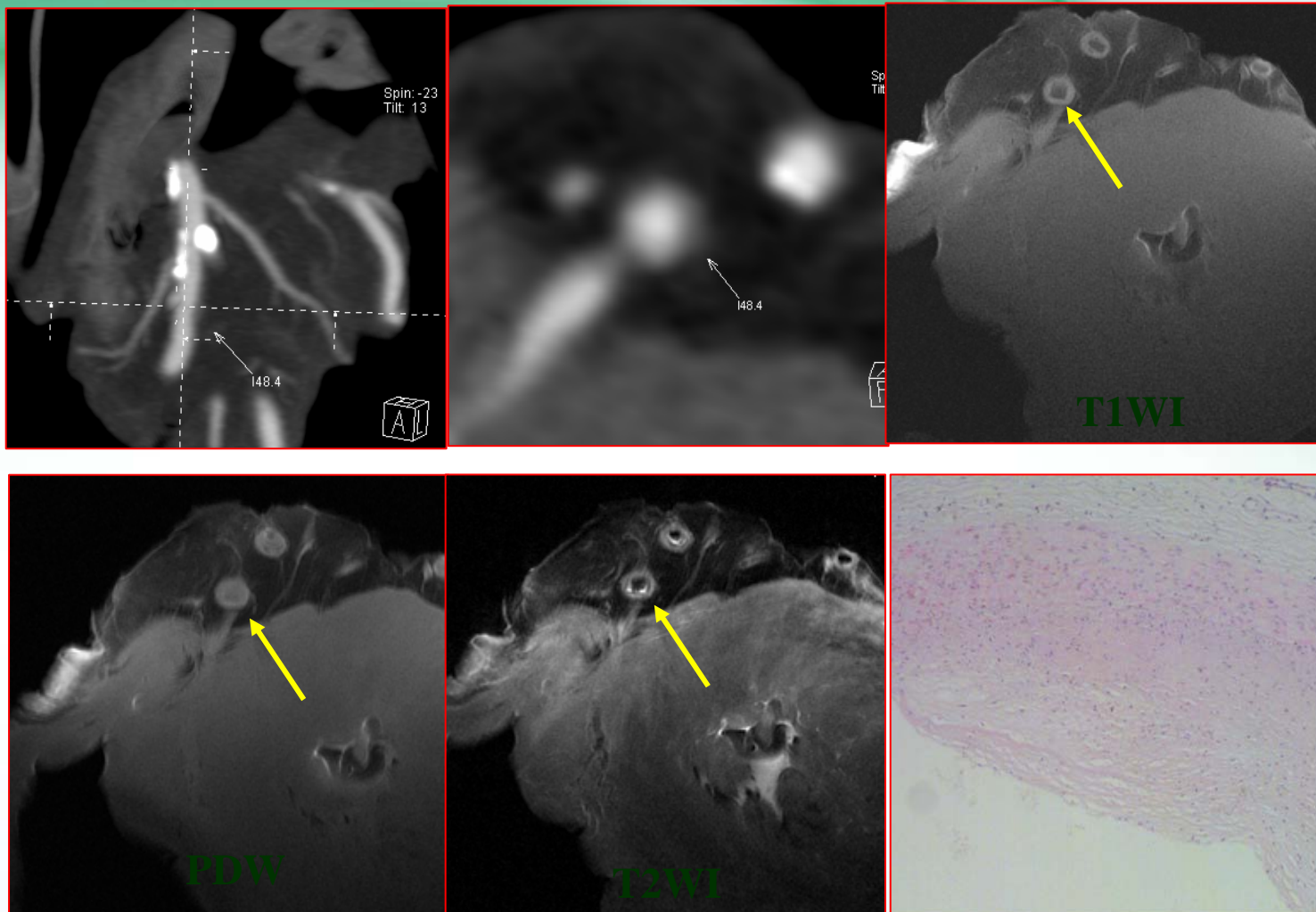
传统的AHA分类	修改的分类	MDCT(HU)	MR T1WI	MR T2WI
I 初始病变: 孤立的泡沫细胞	管壁正常, 无增厚及钙化			
II 脂纹期: 多层巨噬细胞	管壁正常, 无增厚及钙化			
III 粥样前期: 散在的细胞外脂质池	弥漫的内膜增厚或小的偏心斑块, 无钙化			
IV 粥样期: 有融合的细胞外脂质池	坏死的脂质核周围有纤维组织包绕, 可能有小的钙化	50	高信号	低信号
V 纤维粥样期	坏死的脂质核周围有纤维组织包绕, 可能有小的钙化	50	等信号至高信号	低信号至等信号
VI 复合斑块: 溃疡、出血、血栓	复合斑块: 溃疡、出血、血栓		高信号	高信号
VII: 钙化斑块	钙化斑块	>300	低信号	低信号
VIII: 纤维斑块(无脂核)	纤维斑块, 无脂核, 可能有小的钙化	90	等信号	等至高信号

# 结 果



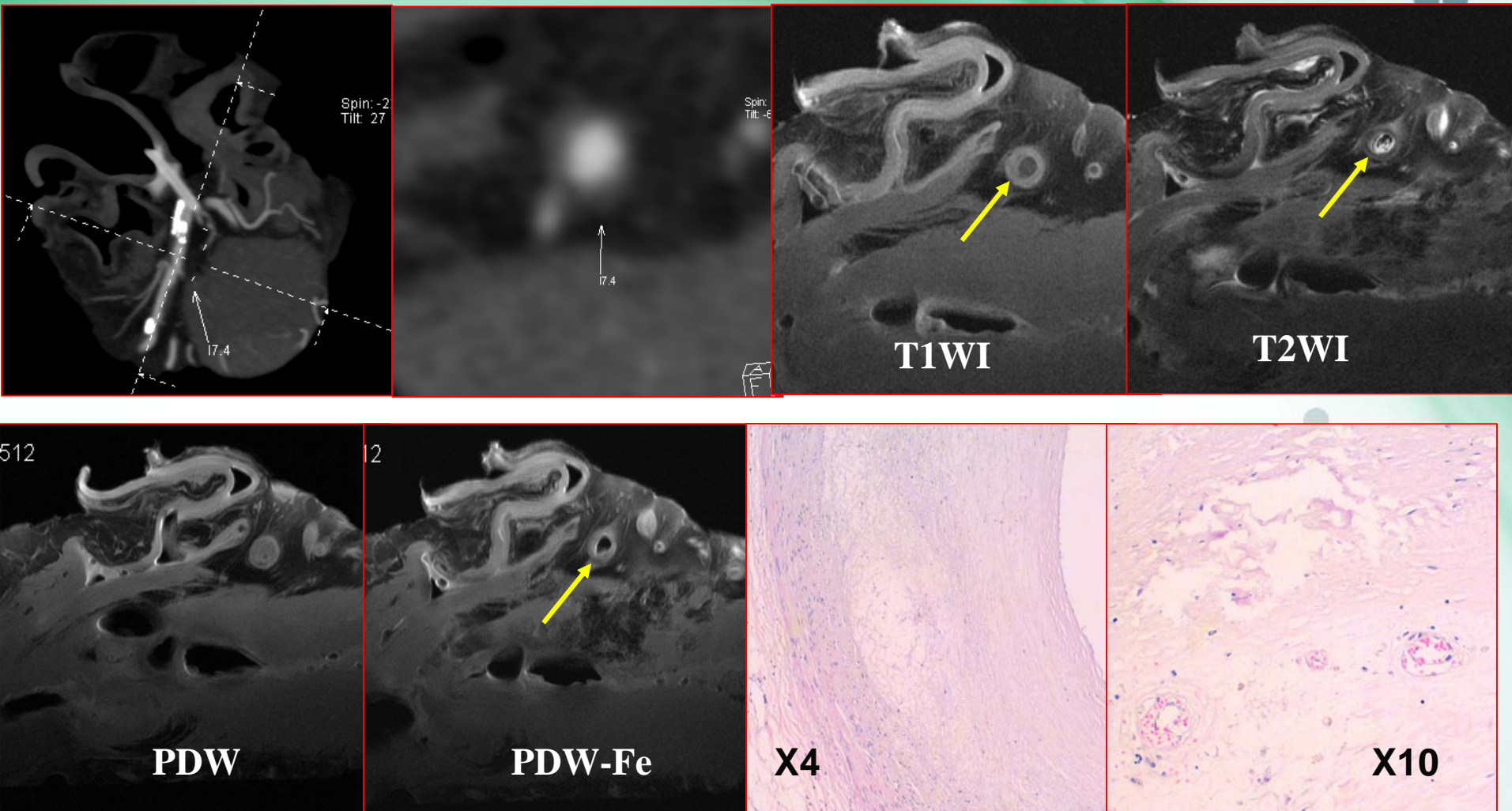
I 期斑块

# 结果



III期病变

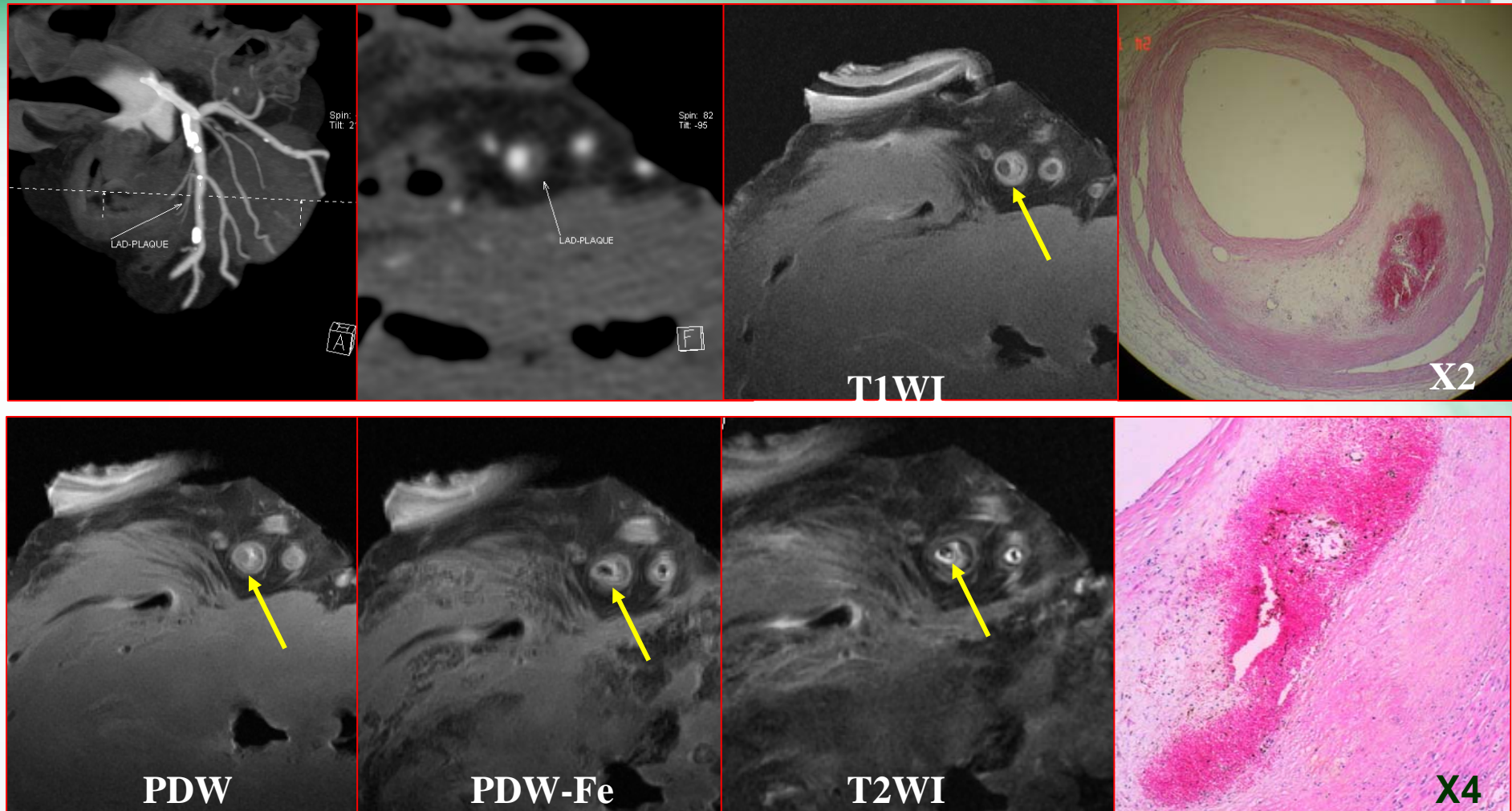
# 结 果



IV - V 期斑块

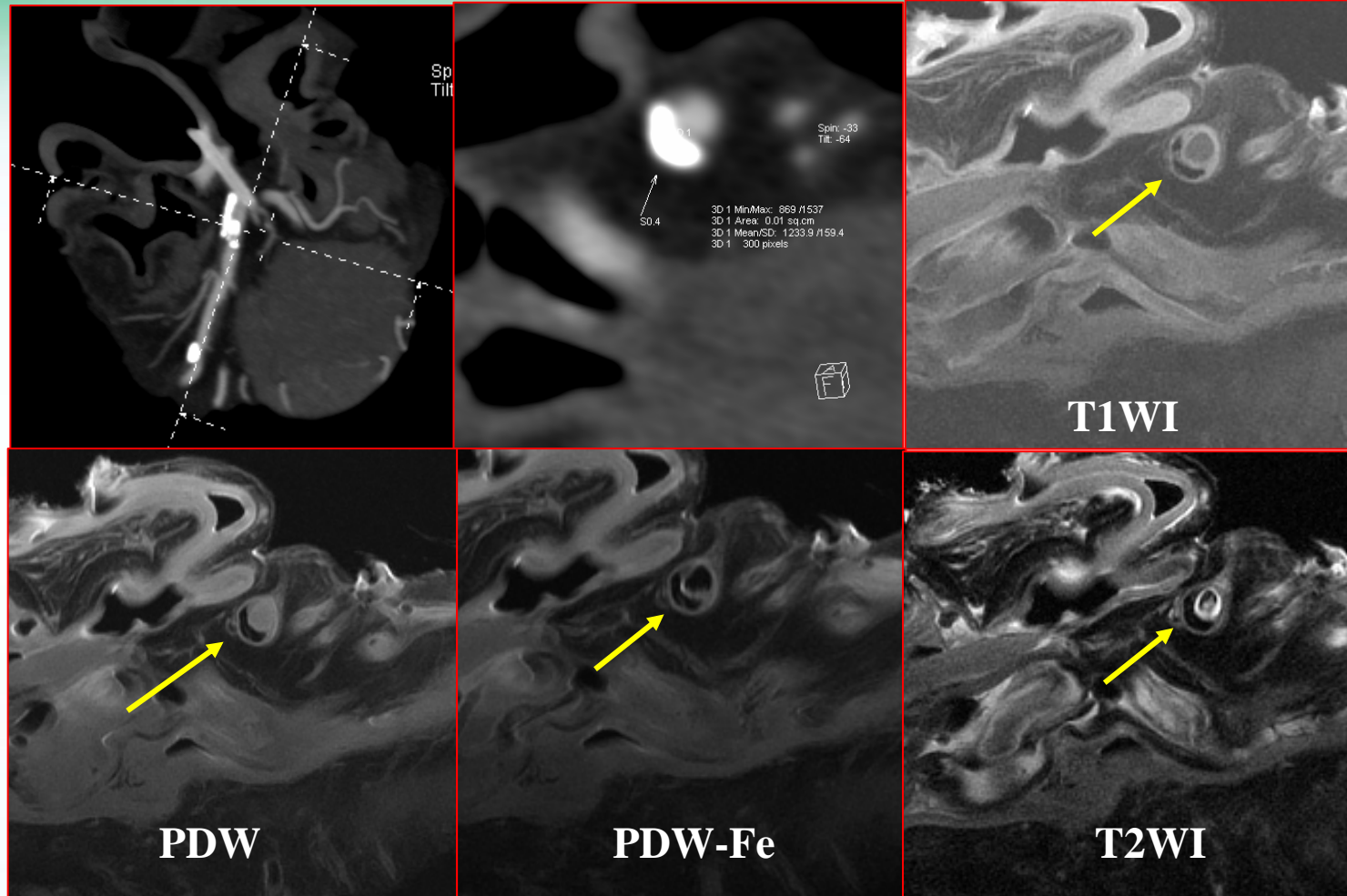


# 结 果



VI期斑块， 斑块内出血

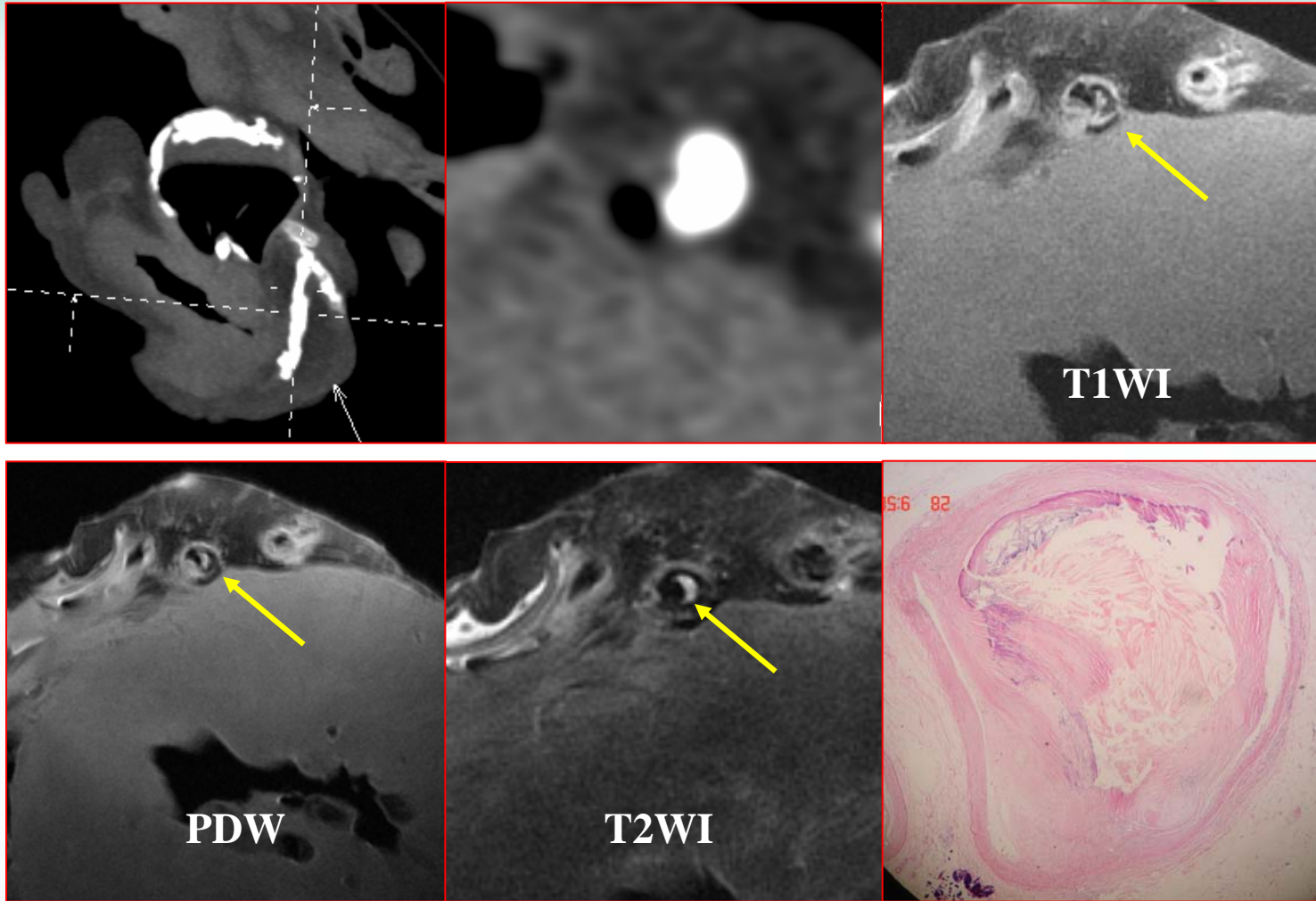
# 结 果



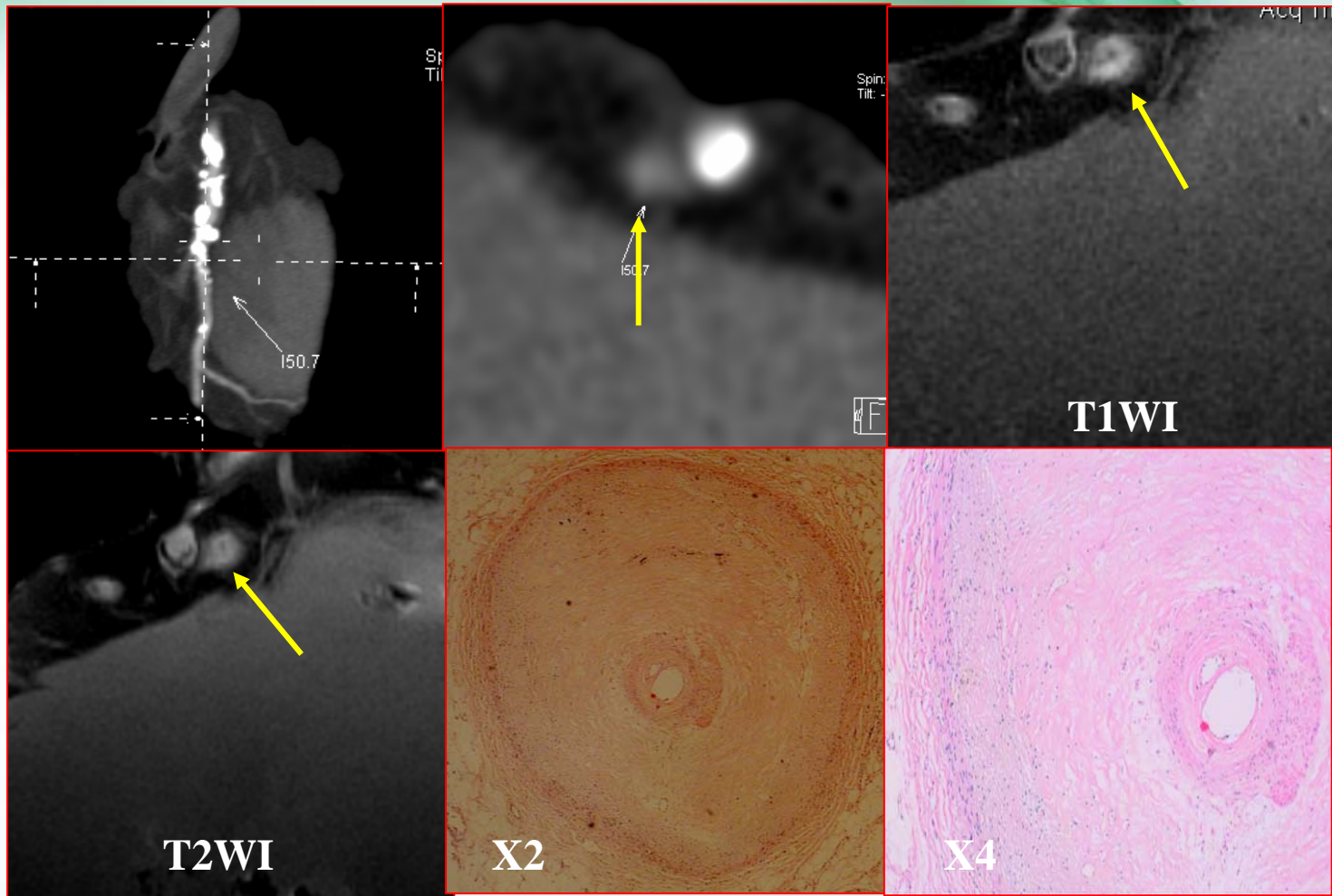
VII期钙化斑块

# 结果

首次发现了钙化斑块内的脂质成分



# 结 果



VIII期纤维斑块

# 冠状动脉粥样硬化斑块的CT分类和组织学分类

CT	病理						
	I - II	III	IV - V	VI	VII	VIII	总和
阴性	9	4					13
I - II							
III							
IV - V	6	1	24	2			33
VI							
VII					43		43
VIII			2			3	5
总和	15	5	26	2	43	3	94

# 冠状动脉粥样硬化斑块的MRI分类和组织学分类

MR	病理						
	I - II	III	IV - V	VI	VII	VIII	总和
I - II	9						9
III		4					4
IV - V	6	1	25		2		34
VI				2	1		3
VII					40		40
VIII			1			3	4
总和	15	5	26	2	43	3	94

## CT和MR对各期斑块诊断的敏感性和特异性

		I II	III	IV-V	VI	VII	VIII
CT	敏感性	0%	0%	92.3%	0%	100%	100%
	特异性	100%	100%	86.8%	100%	100%	97.8%
MRI	敏感性	60%	80%	96.2%	100%	93%	100%
	特异性	100%	100%	86.8%	98.9%	100%	98.9%

# 结 果

- 斑块分期与病理对照的符合率：Kappa检验

CT: K值 = 0.63,  $u=10.91, p<0.01$ (一致性较好)

MR: K值 = 0.83,  $u=13.25, p<0.001$ (一致性好)

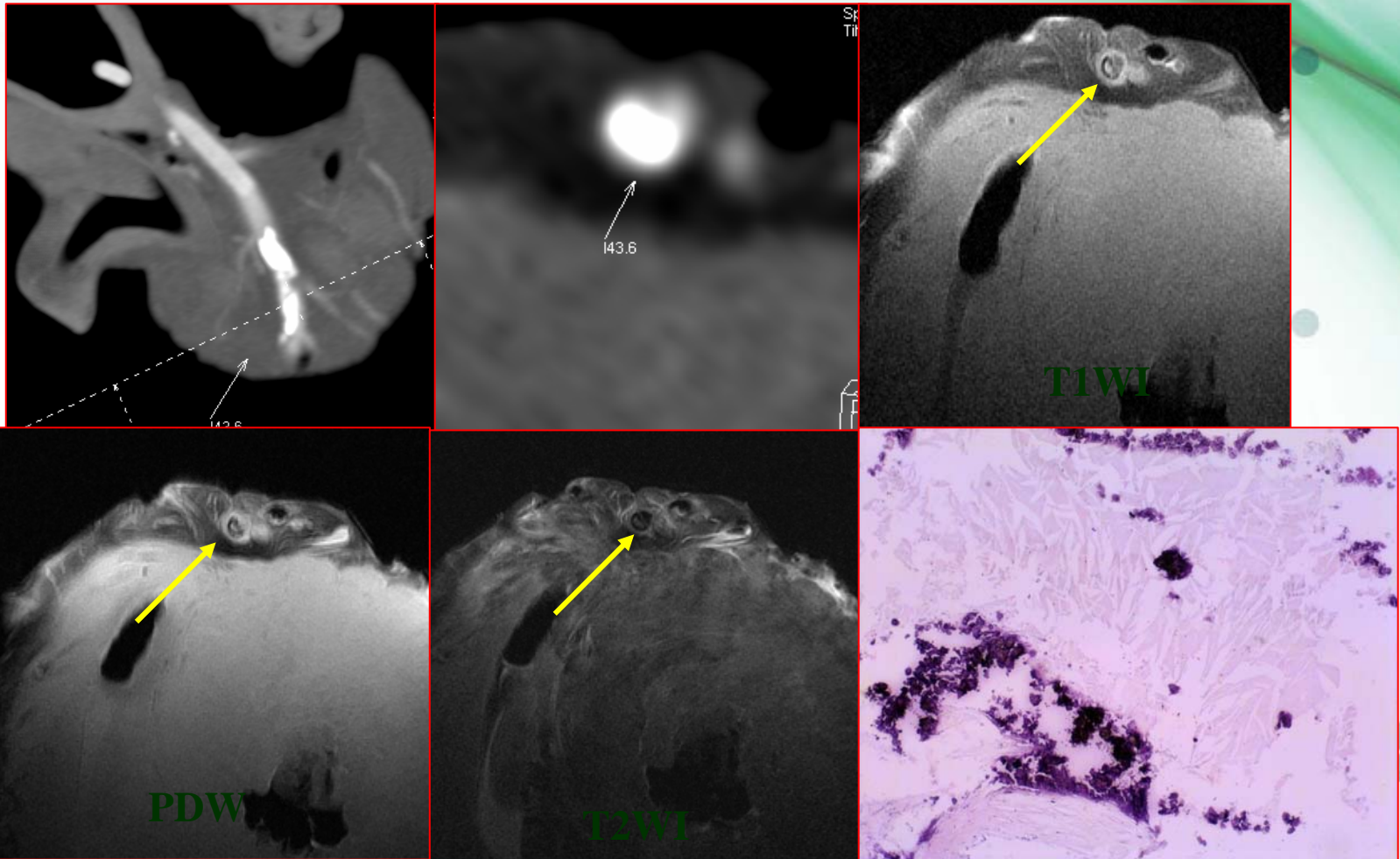


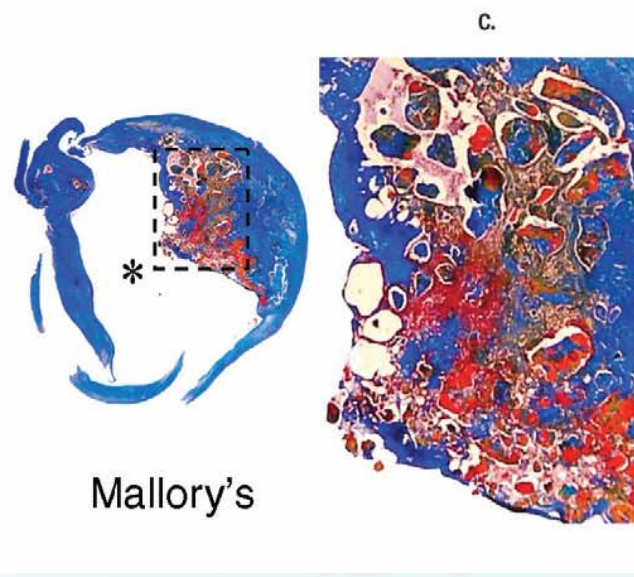
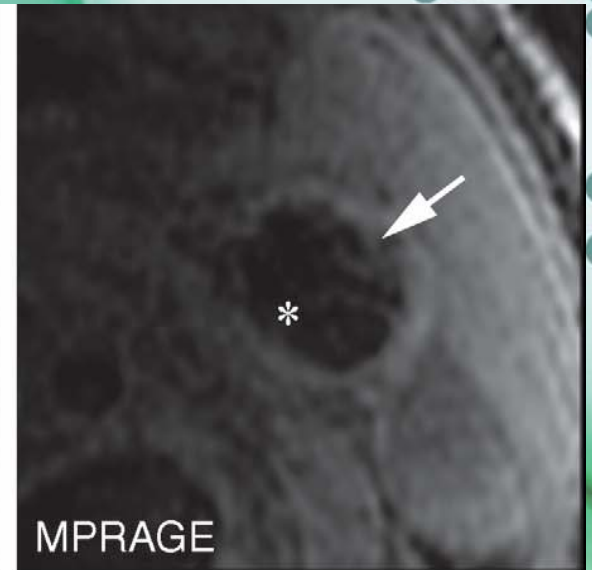
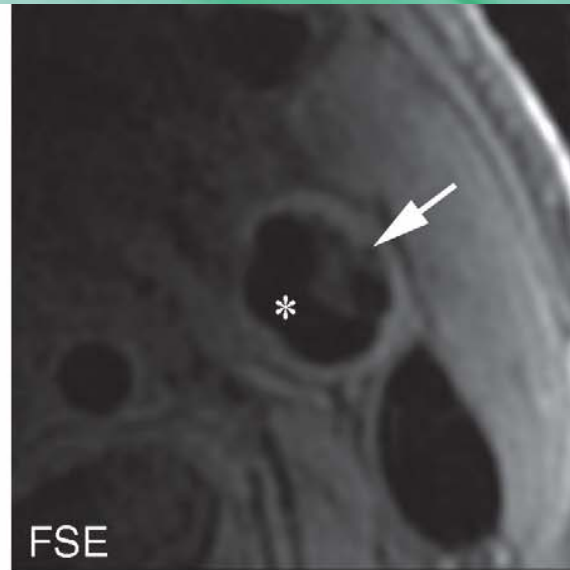
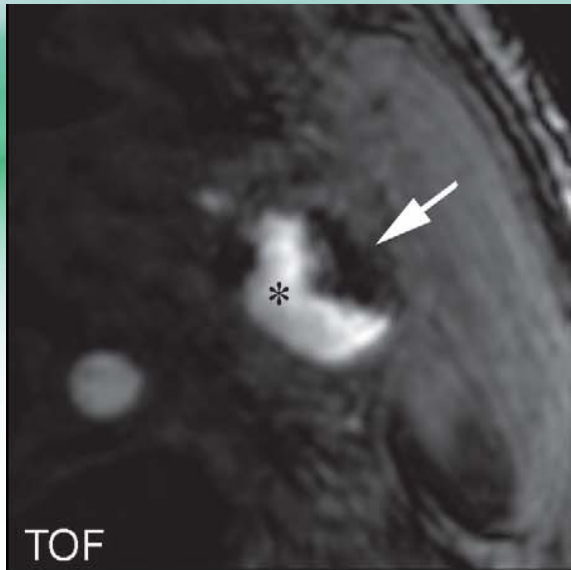
# 讨 论

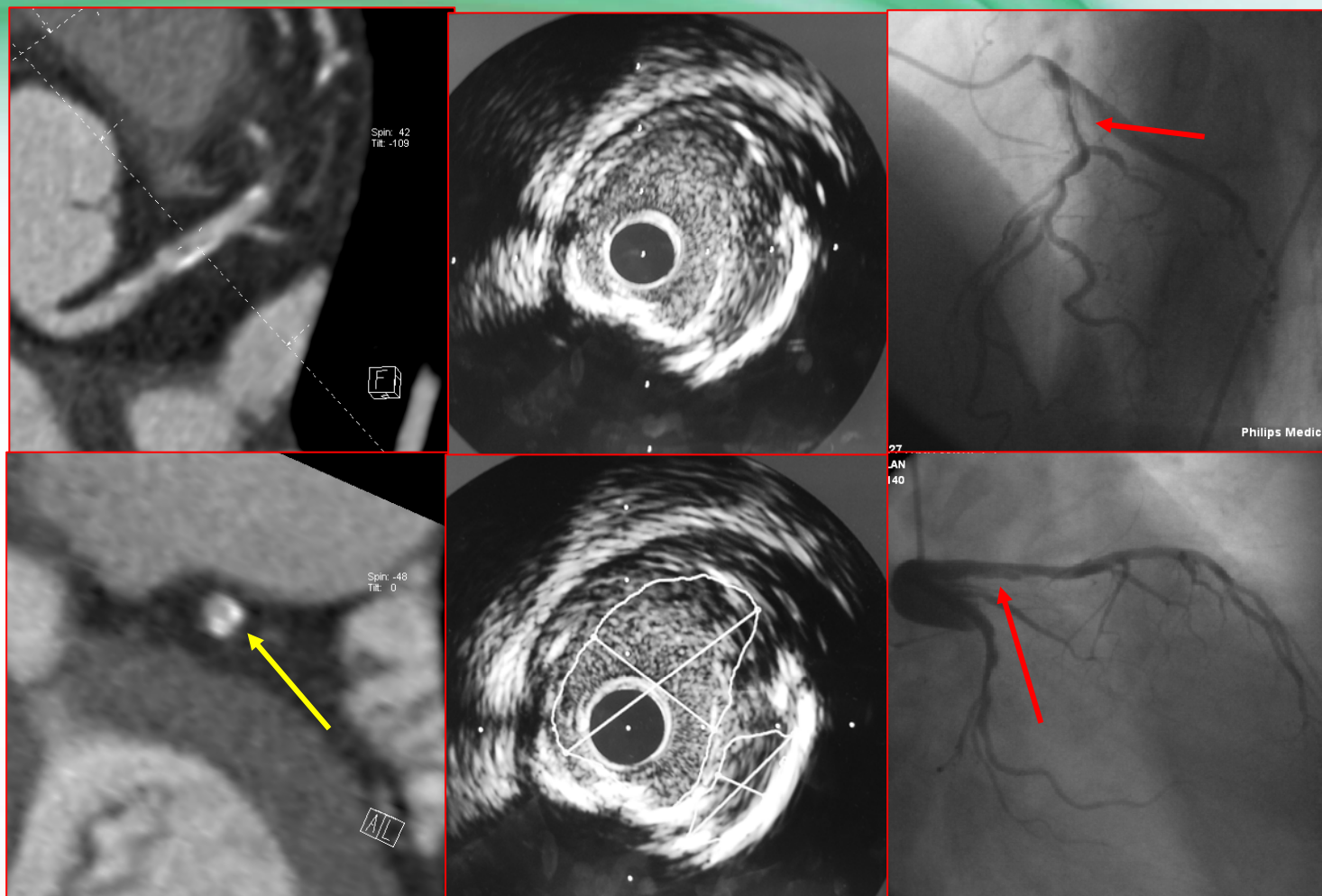
- **MRI** 可以显示 I - II 期及 III 期的病变；由于 CT 不能显示冠状动脉的管壁，常常对 I - II 期及 III 期的病变漏诊
- **CT、MRI** 对于 IV - V 型、VII 型、VIII 型斑块有很高的敏感性和特异性
- **MRI** 可以显示斑块内亚急性期的出血，表现为 T1WI 和 T2WI 像的高信号

# 讨论

- MRI管壁成像对于显示钙化斑块及钙化斑块内的脂质成分很有优势，这种斑块是否也属于不稳定斑块？







女，69岁，不稳定性心绞痛

# 结 论

- **CT、MRI**都可以显示冠状动脉粥样硬化斑块的特点，对斑块进行分期**MRI**优于**CT**
- **MRI**可以显示钙化斑块内的**脂质**成分，表现为低信号内的稍高信号



谢谢