



# 半月板损伤术前及修补术后 MR影像学评价

中山大学孙逸仙纪念医院

陈建宇

# 内容提要

- 半月板的MR检查方法
  - 常规扫描：T1WI、T2WI、PDW
  - 特殊扫描：放射状扫描、3D各向同性扫描
  - MR关节造影：直接关节造影、间接关节造影
  - 新技术：UTE、T1rho、T2mapping
- 半月板损伤的术前评价
  - 损伤部位及类型
- 半月板损伤的术后评价
  - 常规MR
  - MR关节造影
- 小结



# 半月板的MR检查方法

## MR常规扫描序列

- 自旋回波序列 ( SE ) :  $T_1$ WI、 $T_2$ WI、PDWI
- 快速自旋回波序列 ( FSE ) :  $T_2$ WI、PDWI
- 梯度回波序列 ( GRE ) :
  - 快速梯度回波序列FGRE
  - 三维傅里叶转换体积成像 ( 3D-PDW )

**$T_1$ WI、PDWI , 准确性较高 ( 90-98% )**

# 放射状扫描

## • 优点

- 沿半月板长轴进行扫描，能提示半月板撕裂的整体形态、范围及周围韧带等细节信息
- 任意方向上观察半月板移位情况

多采用**冠状位胫侧副韧带层面**图像评价半月板径向移位情况

## • 缺点

- 存在几何交叉层区域信号丢失现象，不影响半月板观察，但掩盖前、后交叉韧带情况（中央部纵行窄带状低信号伪影）

诊断需结合常规扫描

## 特殊扫描方式 - 放射状扫描

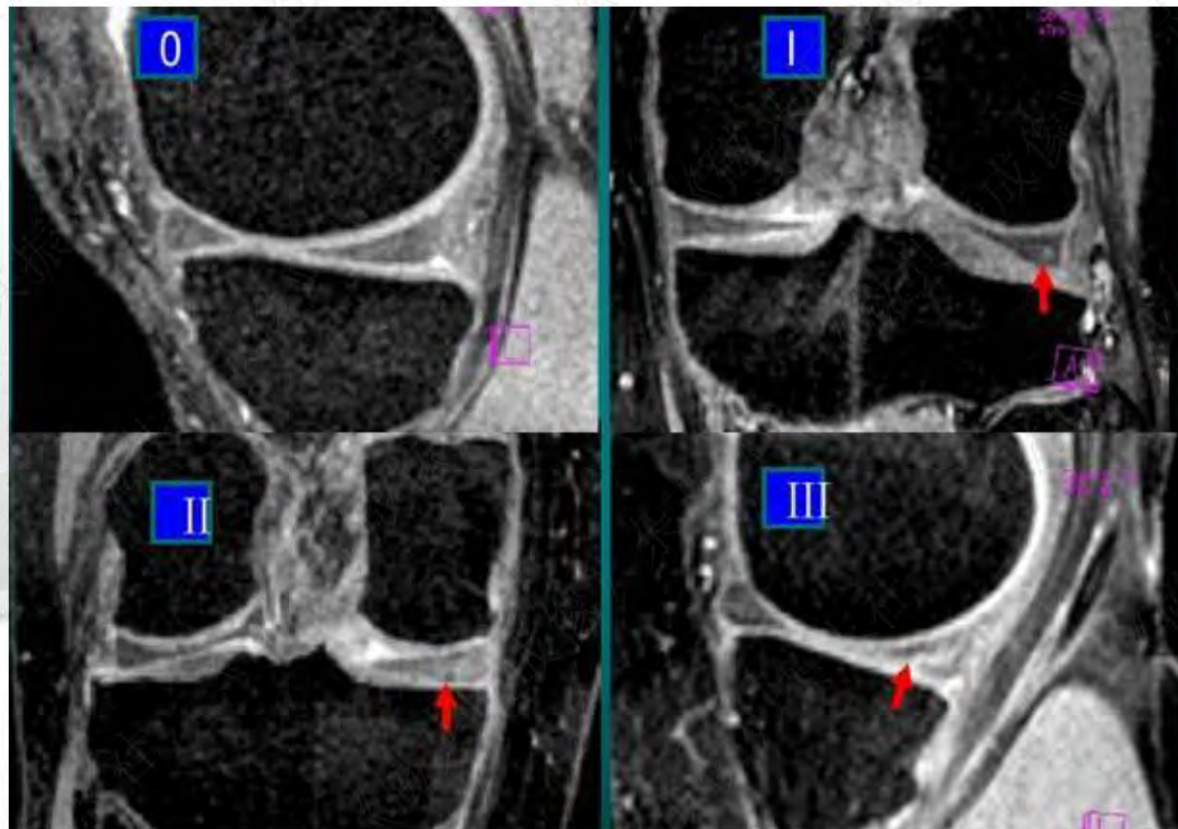


- 常规扫描显示内、外侧半月板后角及内侧半月板体部水平撕裂

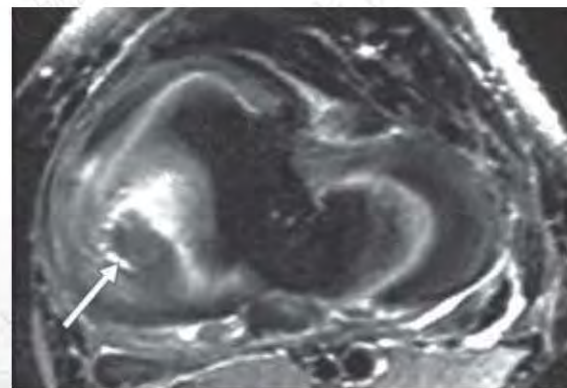
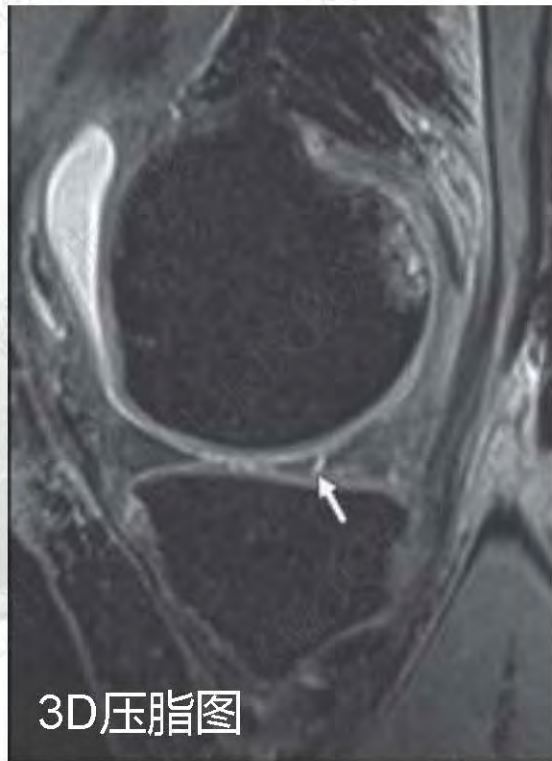
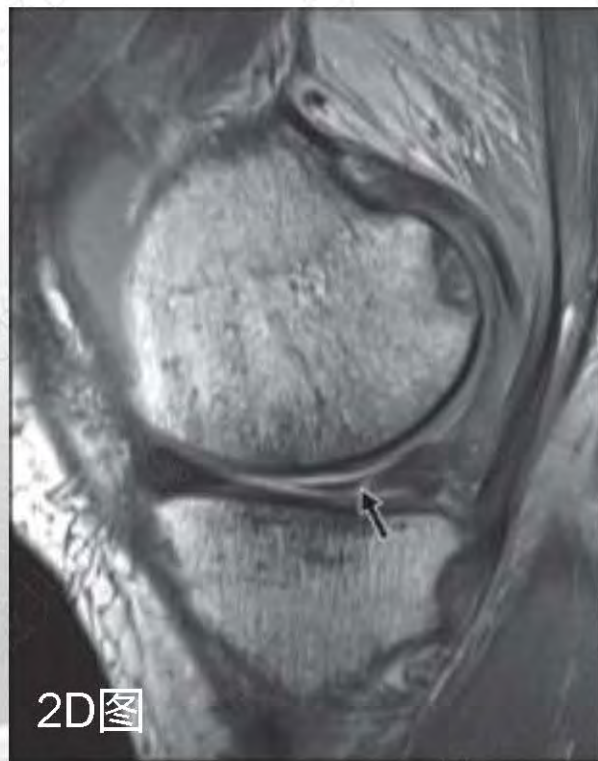
- 放射状扫描显示撕裂未达关节面

# 3D各向同性扫描

- 层厚减小，减少部分容积效应
- 在一次采集后可重建多平面图像
- 3D图像诊断准确性类似于2D图像



# 内侧半月板瓣状撕裂



3D压脂重建图





# 关节腔造影

- **直接关节腔造影**

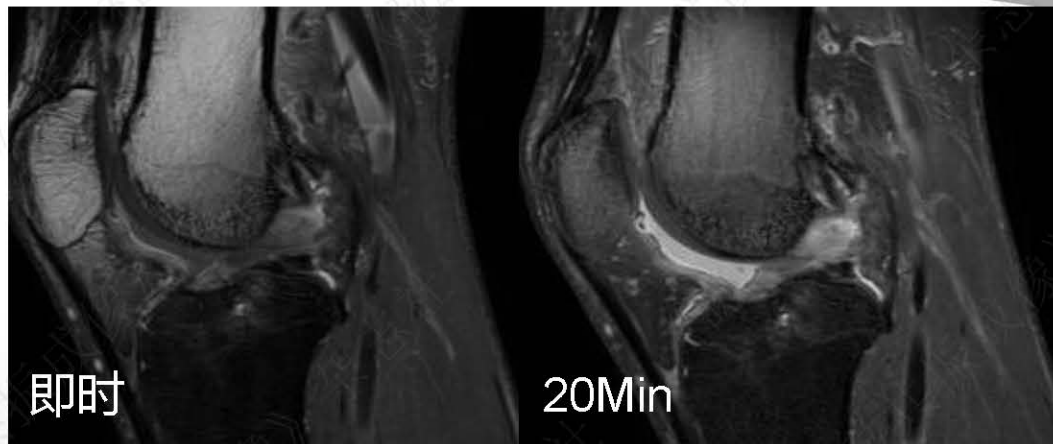
- 马根维显稀释液（1:200）关节腔内注射

- **间接关节腔造影**

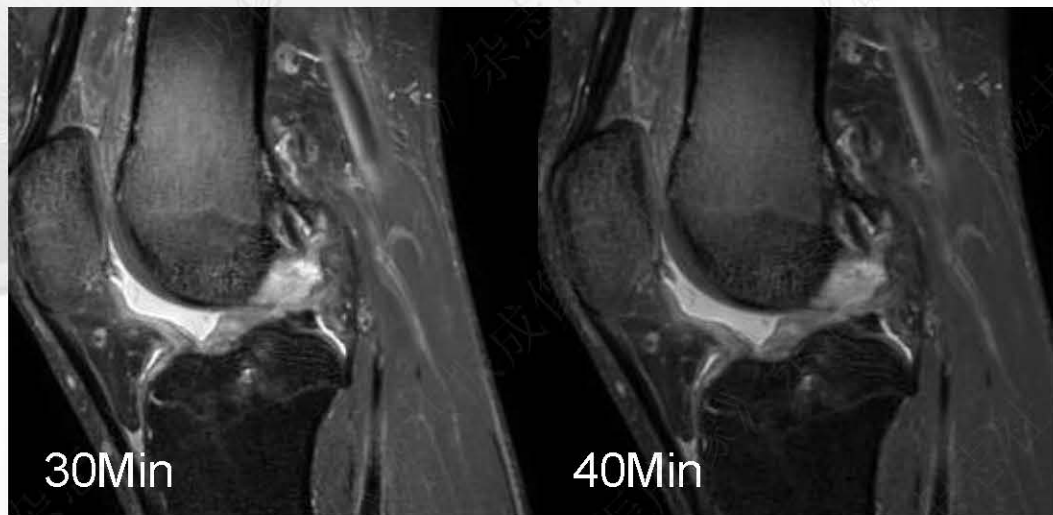
- 静脉注射造影剂（马根维显）后进行膝关节的主动活动，待造影剂经滑膜分泌并弥散至膝关节各个部位，观察半月板情况
- 优势：创伤和痛苦较直接造影小，简单易行，提高诊断敏感性



- MR间接关节腔造影

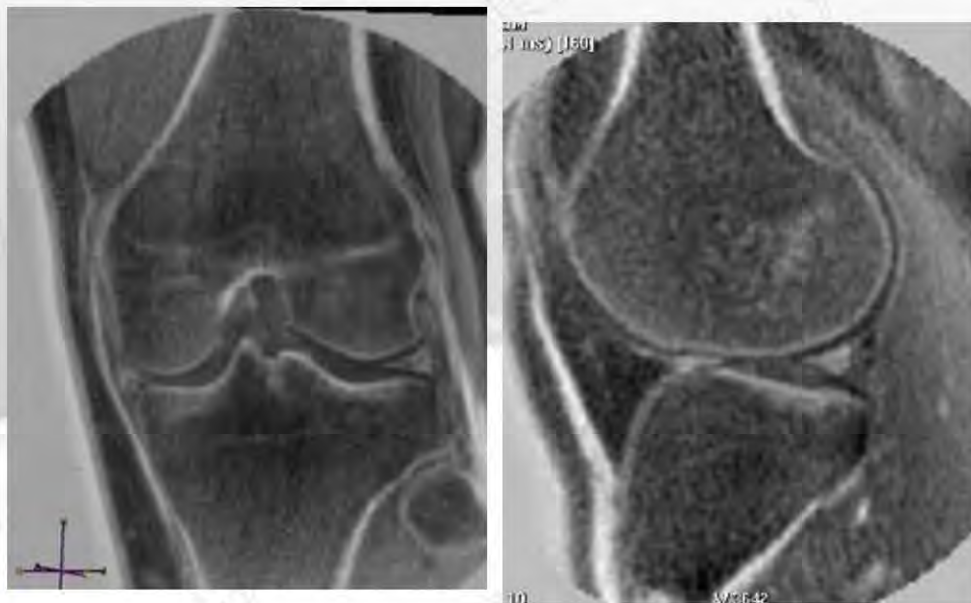


不同时间段滑液的信号强度变化



## UTE ( Ultrashort echo time )

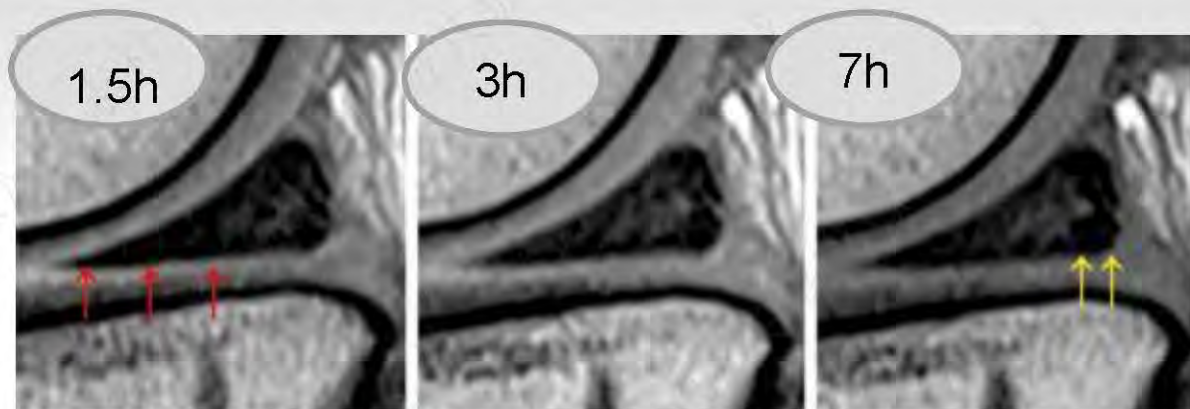
- 指TE（回波时间）很短，约0.05~0.2ms之间，用于对短T2组织的信号采集
- 短T2成分主要存在于有高度有序结构的肌肉骨骼系统组织内，如：半月板



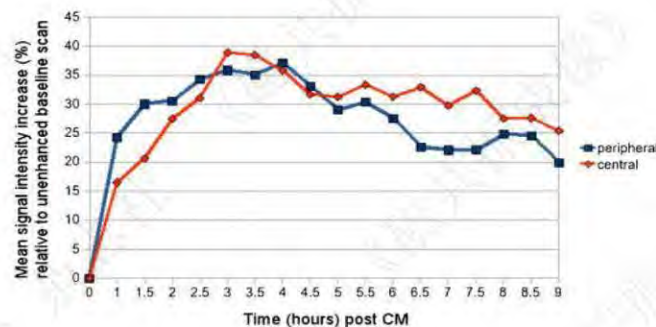
- UTE双回波技术
- 显示半月板（高信号）

# MR定量方法 – dGEMRIC ( 延迟对比增强磁共振成像 )

- dGEMRIC是通过Gd-DTPA对比剂与基质内氨基葡聚糖的负相关关系来间接了解组织组成成分的一项技术



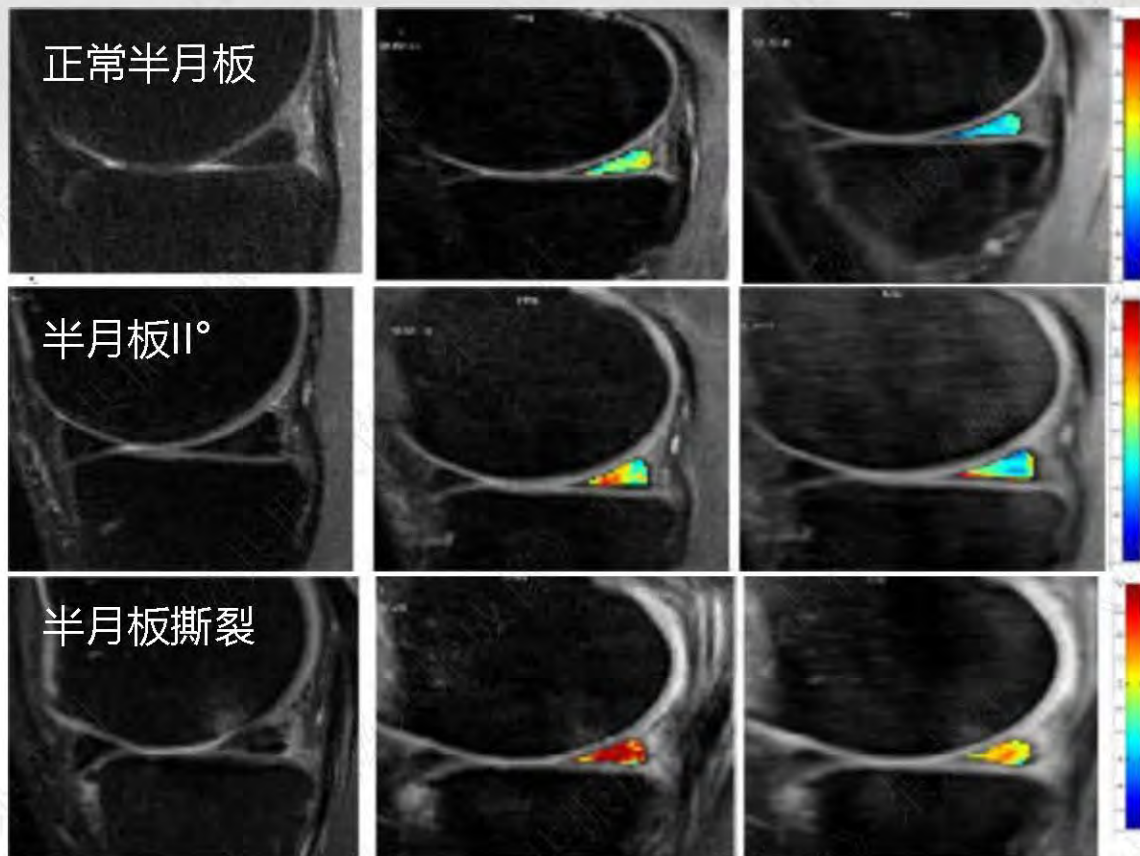
外缘区及中央区增强最明显为对比剂注入后的3~4h



外周区域强化的早，减退的也早

# MR定量方法 - T1rho成像技术

- 用于评价处于射频脉冲磁场中的组织弛豫时间
- 其值与蛋白多糖含量呈线性关系



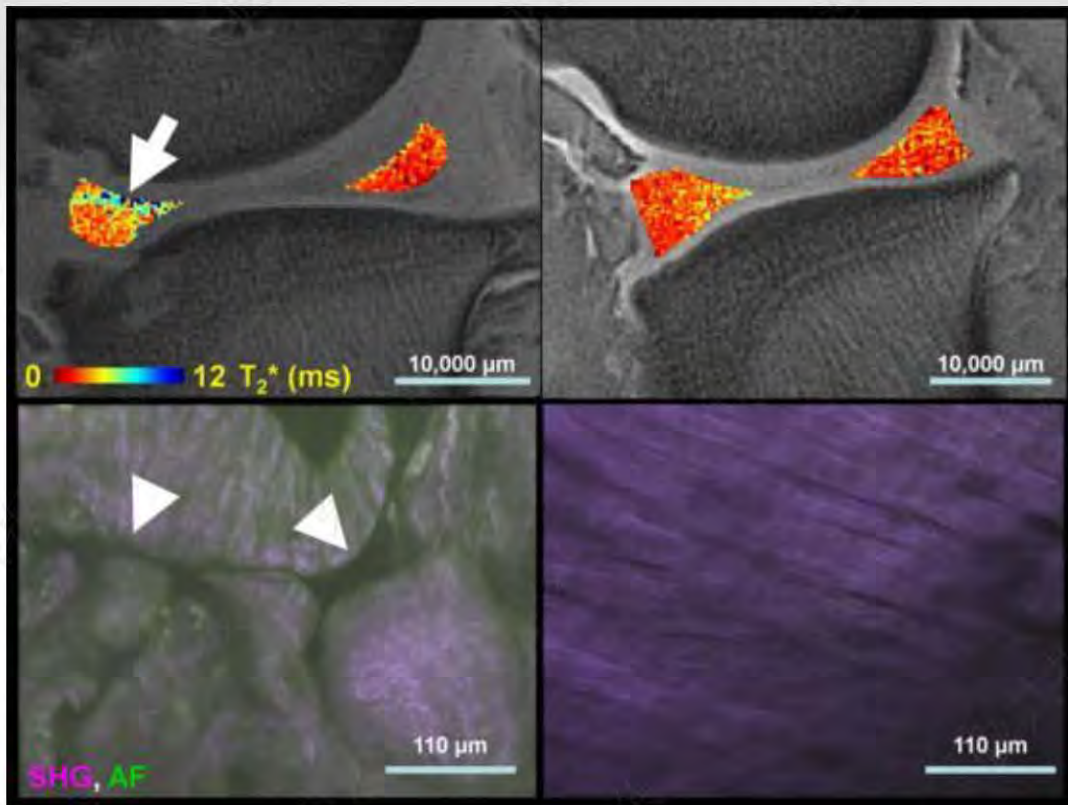
# MR定量方法 - T2mapping

成熟母羊的前角  
修补模型

手术侧

非手术侧

T2值



多光子显微镜

手术侧：  
局部T2值增高（箭头），多光子显微镜示纤维中断（头）

非手术侧：  
T2值均匀，稍减低。纤维排列有序

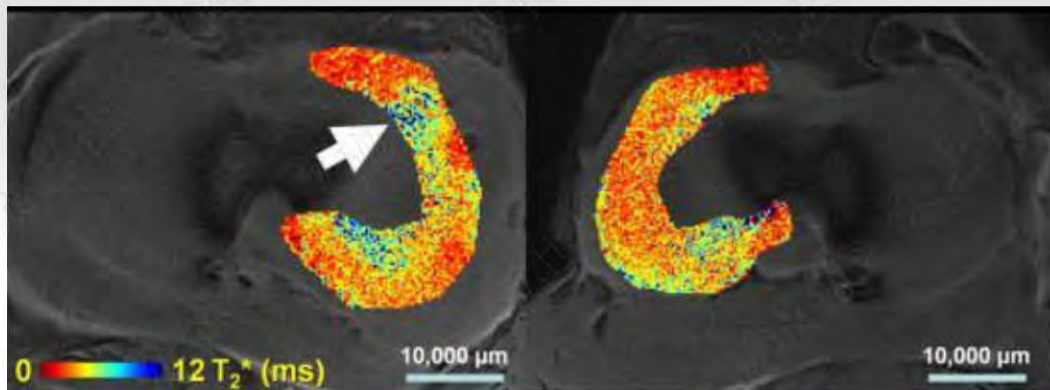
# MR定量方法 ( T2mapping )

成熟母羊的前角修补模型

手术侧

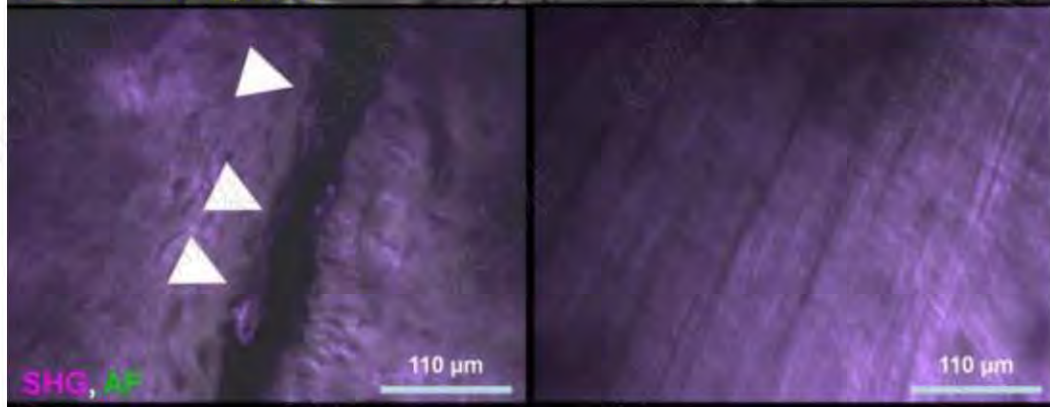
非手术侧

T2值



手术侧：  
T2值不均匀增高（箭头），  
多光子显微镜示纤维中断  
（头）

多光子显微镜



非手术侧：  
T2值均匀，稍减低。纤维排  
列有序

# 特殊扫描方式

- 3D各向同性扫描
- 放射状扫描 ( Radio)
- UTE ( 回波时间TE很短,  $0.05\text{ms}-0.2\text{ms}$  )
- MR直接关节腔造影
- MR间接关节腔造影
- MR定量方法 ( 延迟增强磁共振成像dGEMRIC、T1rho成像技术或T2mapping成像技术 )

术前诊断准确性  
达90%以上

提高术后诊断  
准确性

早期诊断、定量  
诊断



最美半月板





# 半月板损伤的术前评价

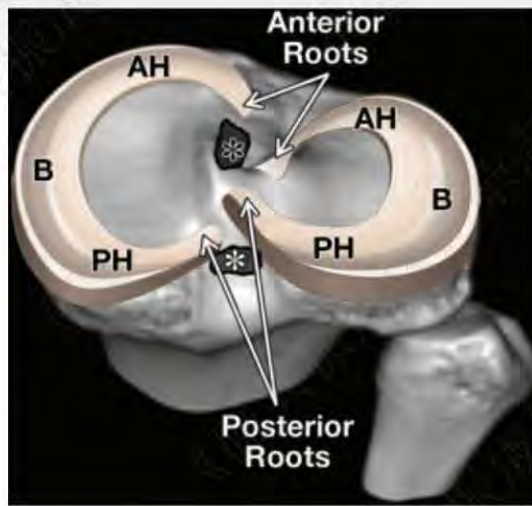
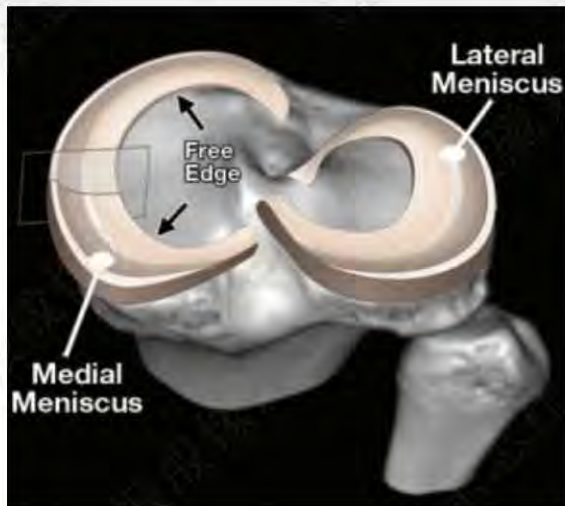
- 半月板损伤的术前评价

- 正常解剖

- 损伤部位及类型

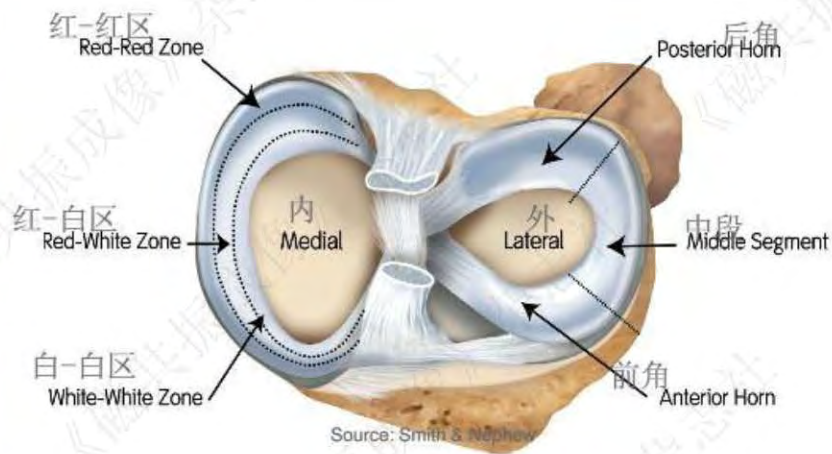
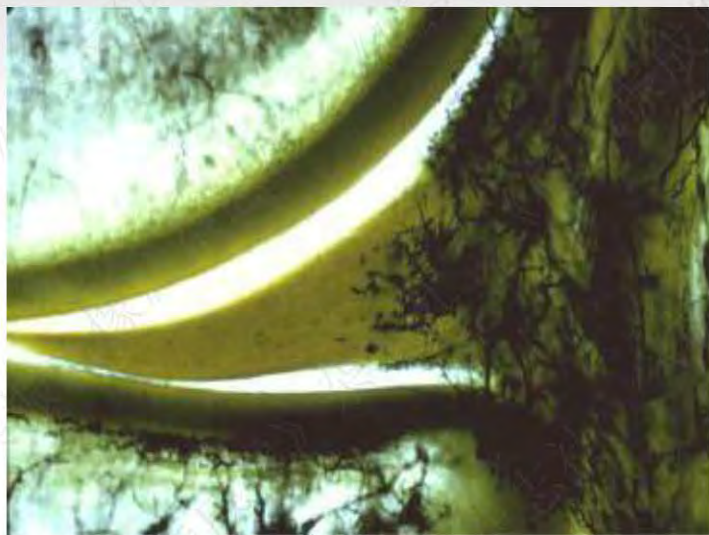
# 正常半月板结构

- 半月板有减震和载荷分布作用
- 半月板损伤会造成邻近关节软骨轴位及旋转压力增大，导致早期退变性关节炎的发生



- 分为前角 (AH)、后角 (PH) 及体部 (B) 三个部分
- 通过前附着韧带及后附着韧带与胫骨相连
- (黑\*) --- 前交叉韧带附着点
- (白\*) --- 后交叉韧带附着点

# 半月板血供

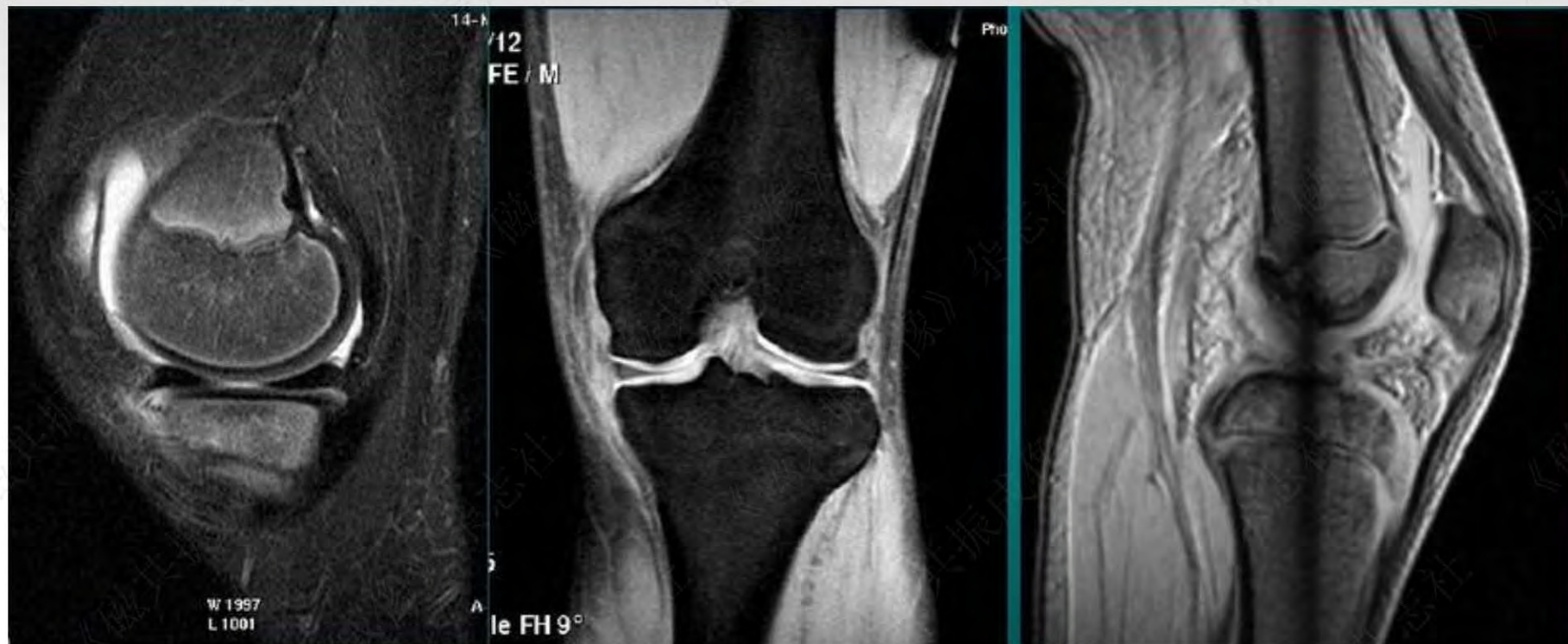


# 正常半月板结构

- 半月板胶原纤维主要呈环形排布，以维持其张力承受能力
- 半月板内部及表面也有辐射状走行胶原纤维分布，这些辐射状纤维作为连接环形分布胶原纤维的“节点”，可防止半月板发生纵向撕裂



# 正常半月板



# 半月板损伤（诊断标准）

Diagnostic criteria for meniscus tears on MR imaging or MR arthrography	
Diagnosis	MR Imaging Findings
Preoperative meniscus	
Tear	Displaced meniscus fragment, or Not at free edge: definite surfacing signal or distortion on 2 or more images <sup>a</sup> , or At free edge: surfacing linear signal may be a vertical cleft (radial tear) or nonvertical (free-edge tear)
Possible tear	Not at free edge: definite surfacing signal or distortion on only one image
Fraying	Superficial, ill-defined, irregular free-edge signal

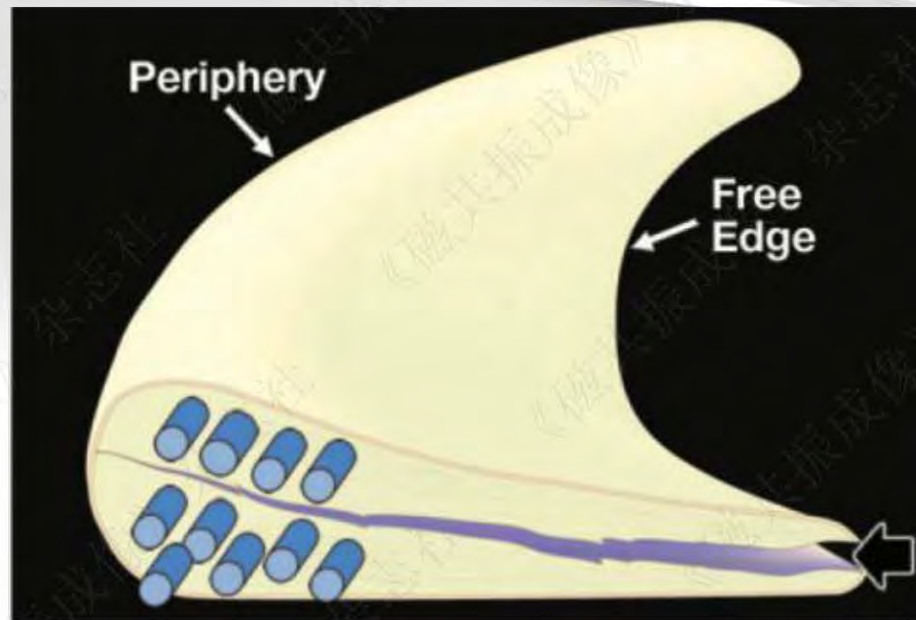
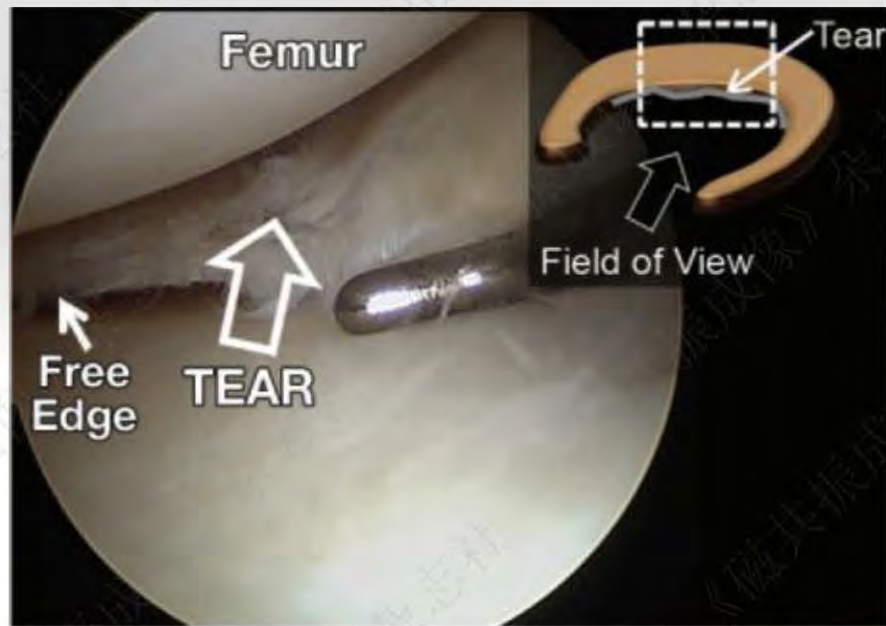
2个及以上层面线状高信号达关节面或半月板变形



## 半月板损伤分类：

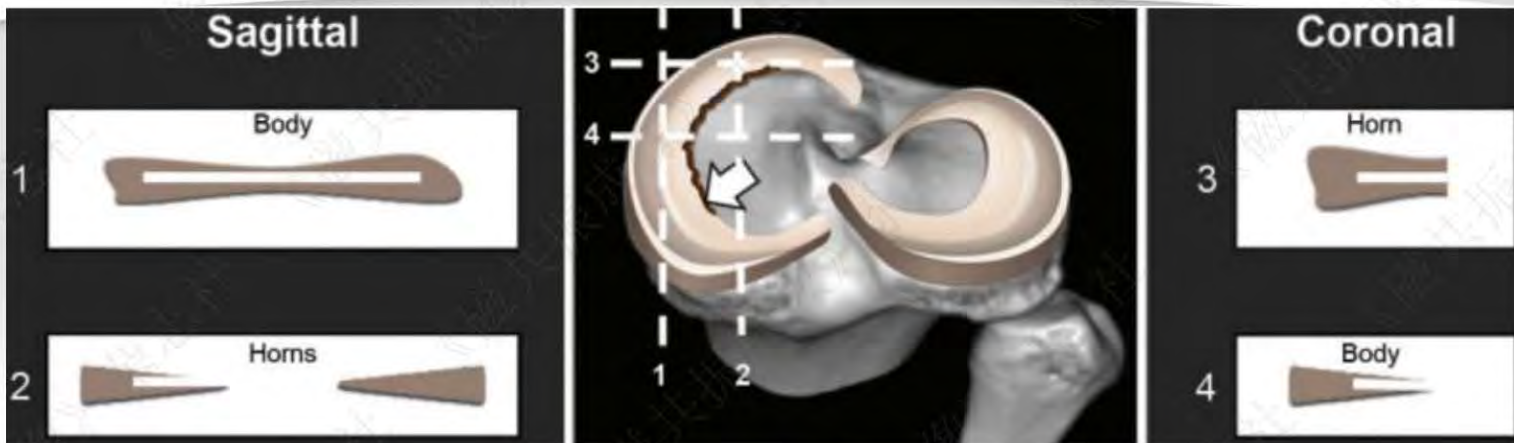
- 水平撕裂
- 纵向撕裂
- 放射状撕裂
- 根部撕裂
- 复杂撕裂
- 桶柄状撕裂
- 半月板磨损

# 半月板损伤（水平撕裂）



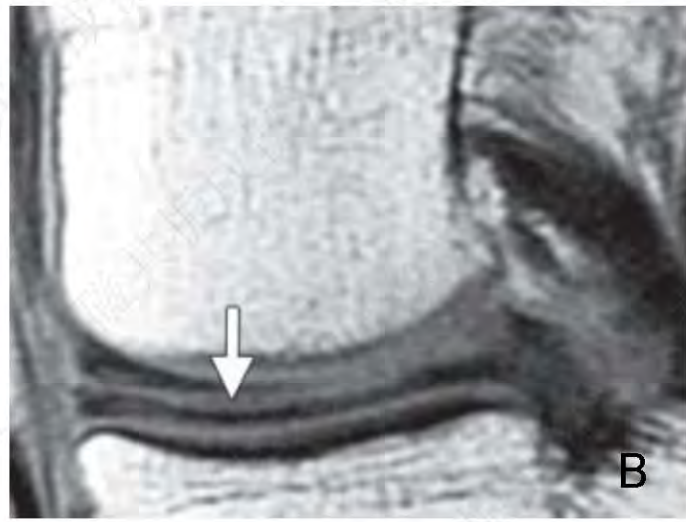
高信号方向与胫骨平台平行，内缘达半月板游离缘与上、下表面平行

# 半月板损伤（水平撕裂）



图A

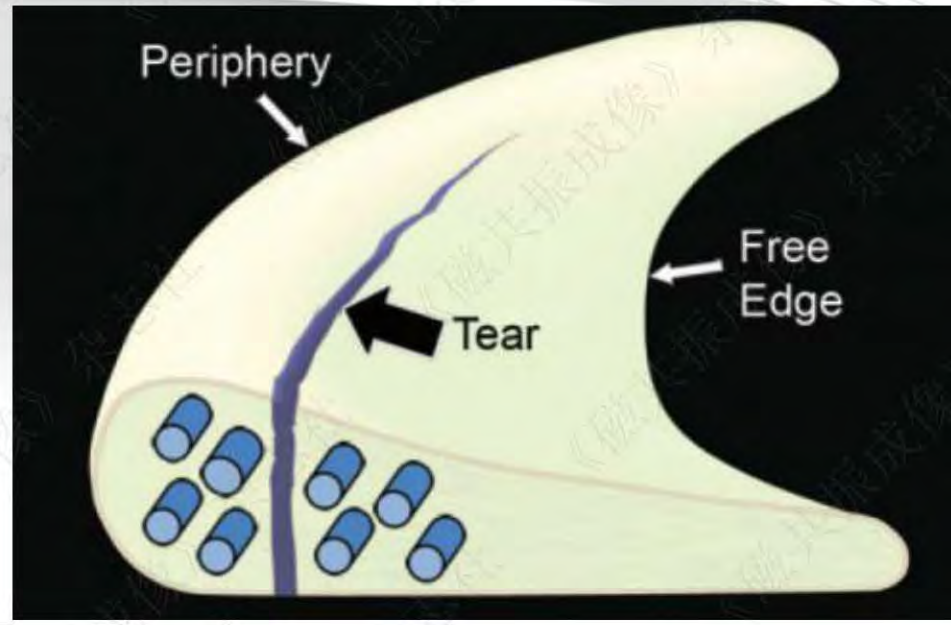
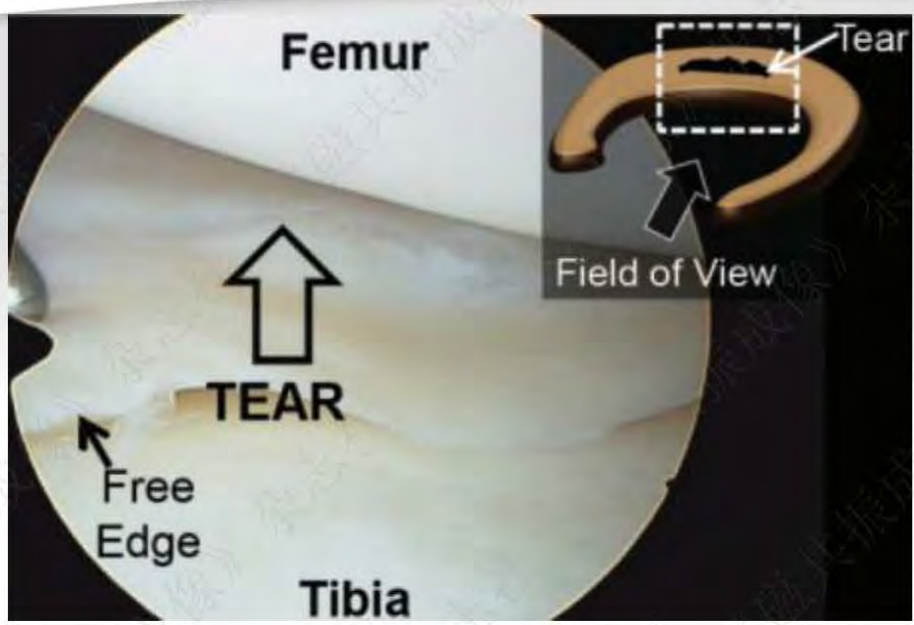
(箭头)  
线状高信号  
达上关节面  
(头)  
半月板囊肿



图B

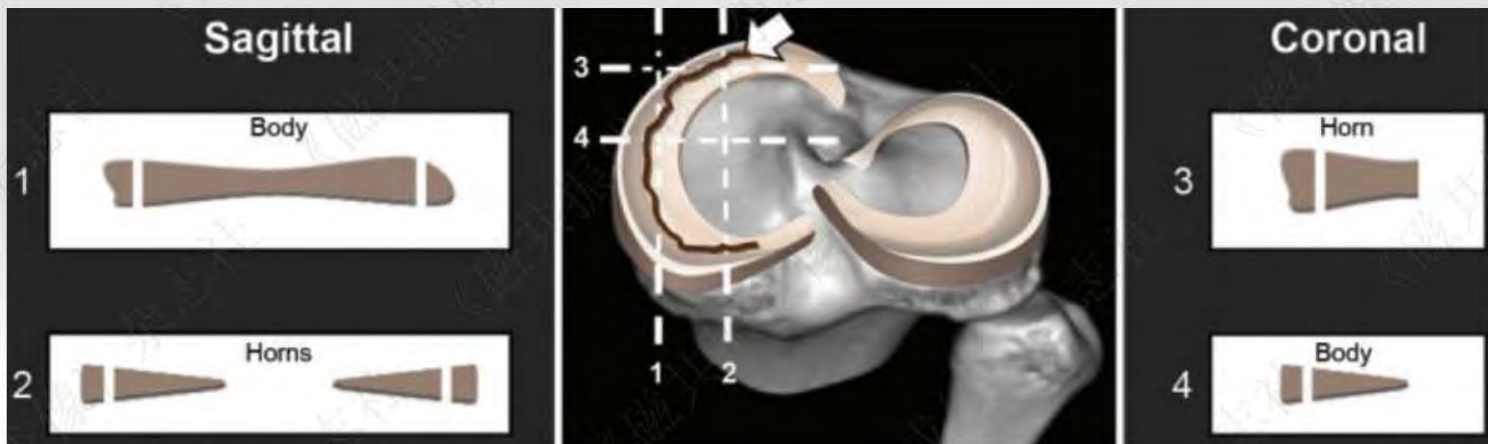
线状高信号  
达上关节面

# 半月板损伤（纵向撕裂）

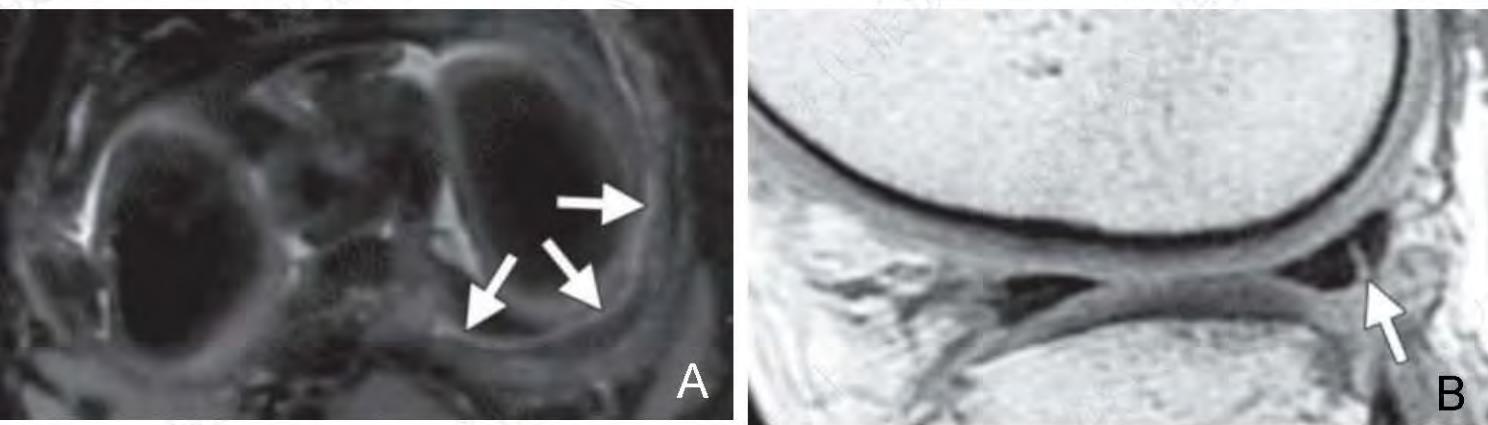


撕裂方向与半月板的长轴方向平行，半月板分为移位的内侧部分和稳定的外缘

# 半月板损伤（纵向撕裂）



图A  
外周纵向撕裂，  
由体部后份，  
延伸至后角及  
后根部

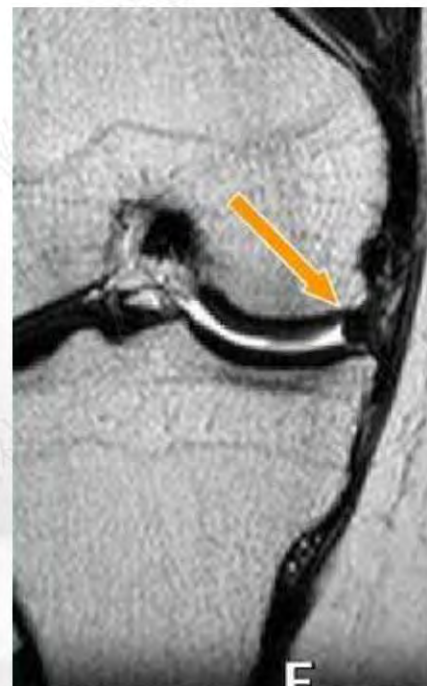


图B  
垂直方向走行的  
异常高信号，  
未达游离缘

# 半月板损伤 - 桶柄状撕裂



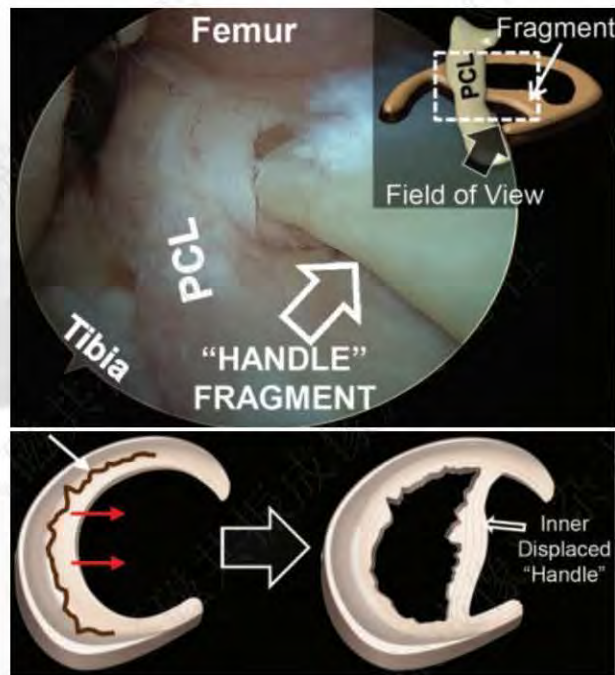
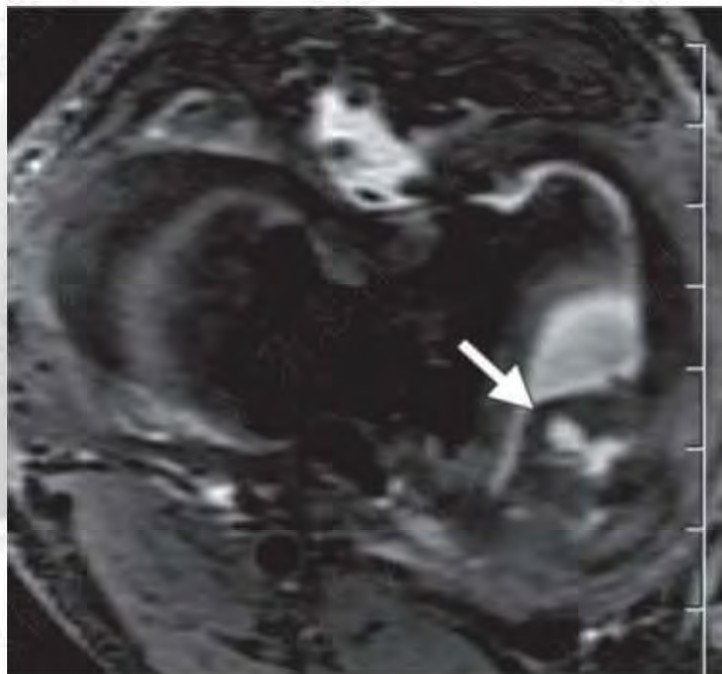
“碎块内移征”



“外周残半月板征”

# 半月板损伤 - 桶柄状撕裂

- 半月板纵行撕裂后，内侧份发生移位，移位部分类似于桶柄，未移位外侧份为桶，故称桶柄状撕裂



# 半月板损伤 - 桶柄状撕裂

常见于外  
侧撕裂



半月板体部未见显示

内侧半月板与后  
交叉韧带间有前  
交叉韧带阻隔

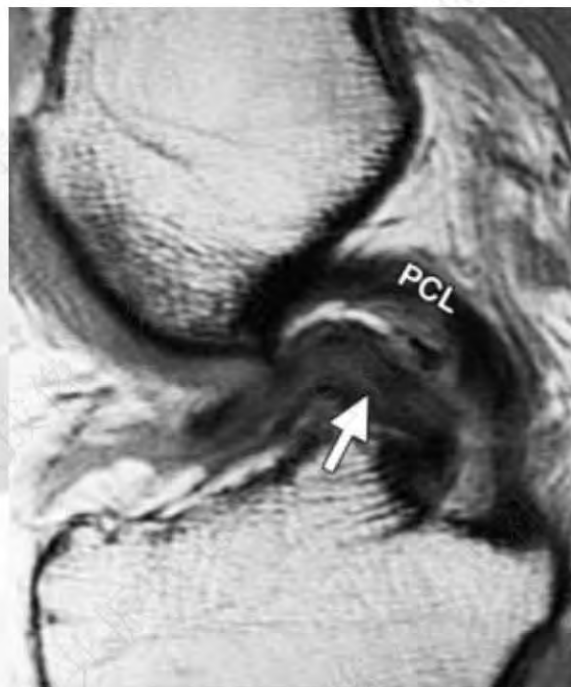
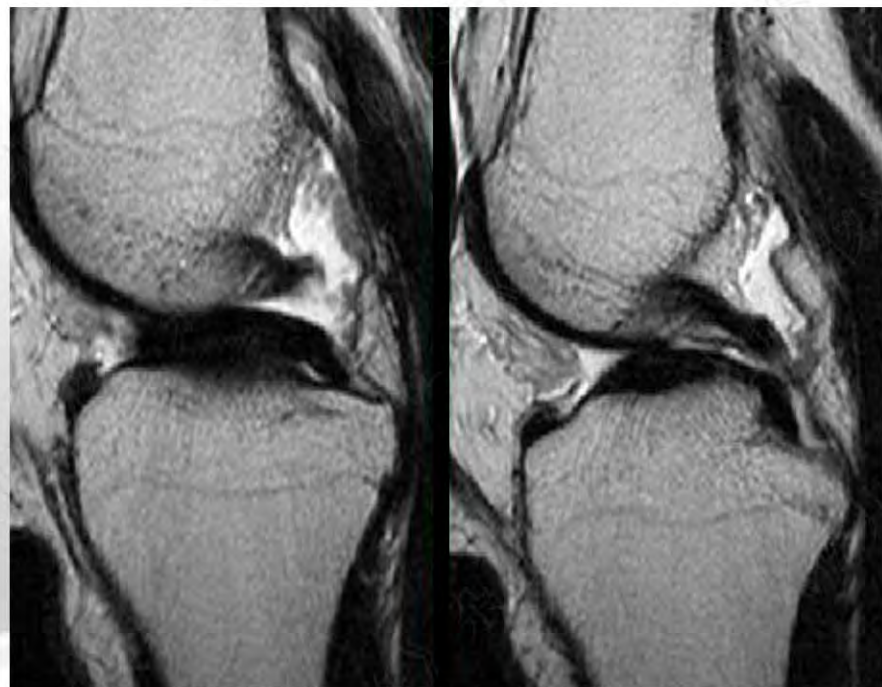


撕裂半月板移位至髁间窝（双后交叉韧带）

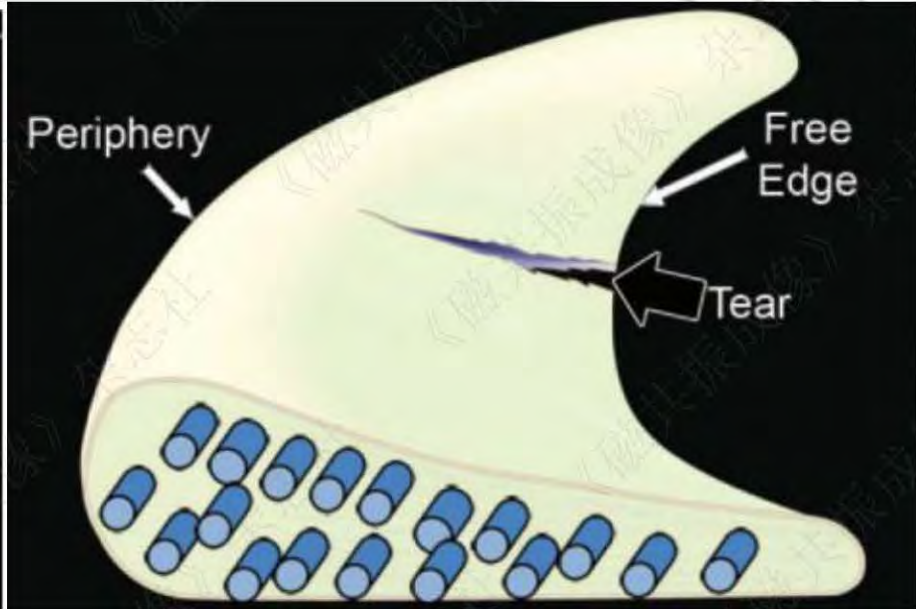
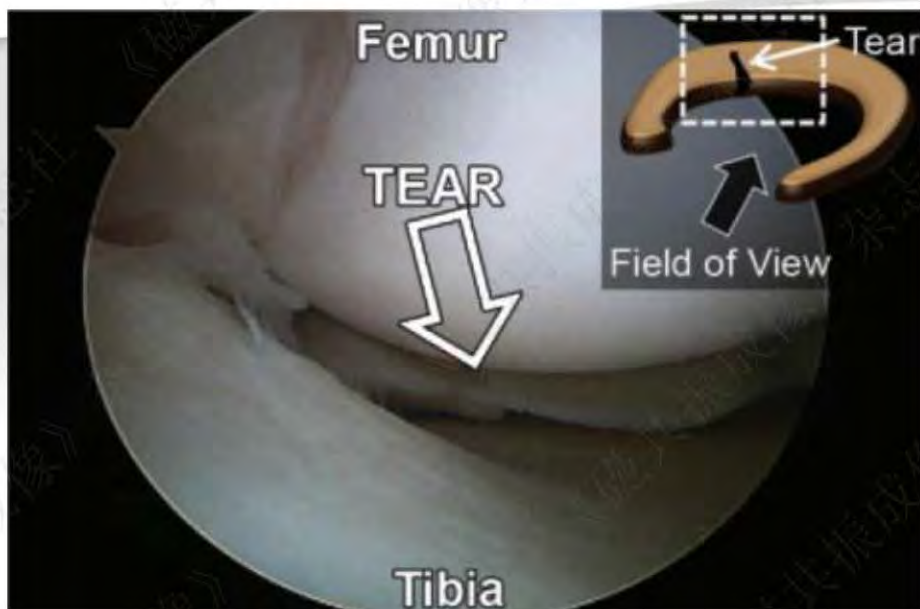


# 半月板损伤 - 桶柄状撕裂

双后交叉韧带

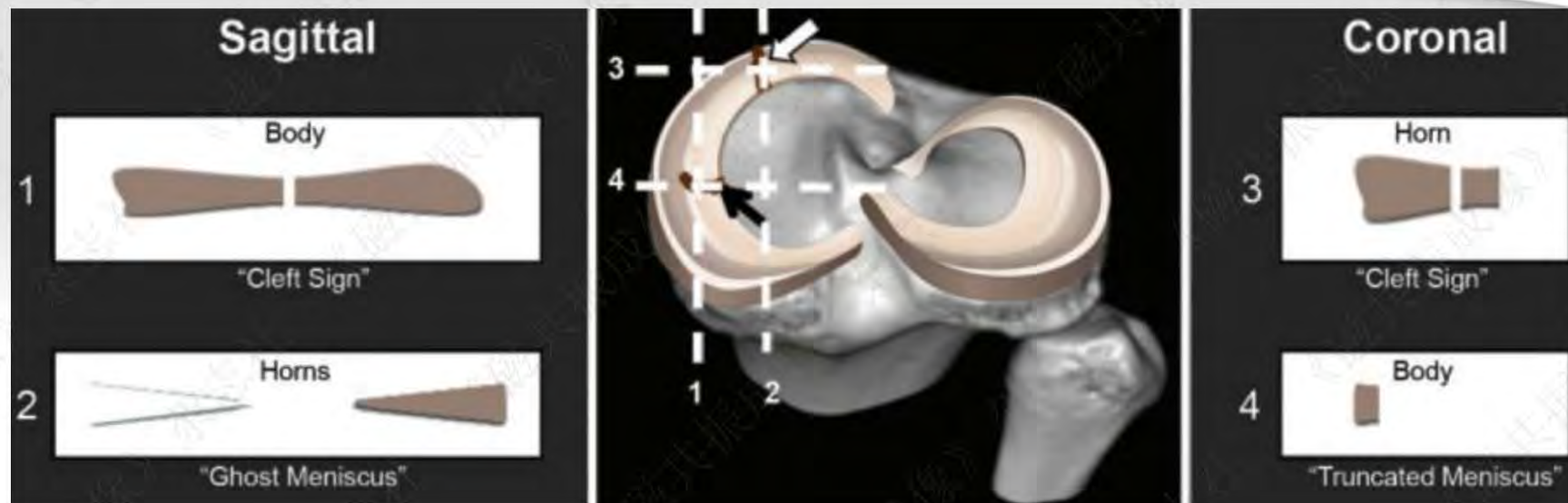


# 半月板损伤（放射状撕裂）



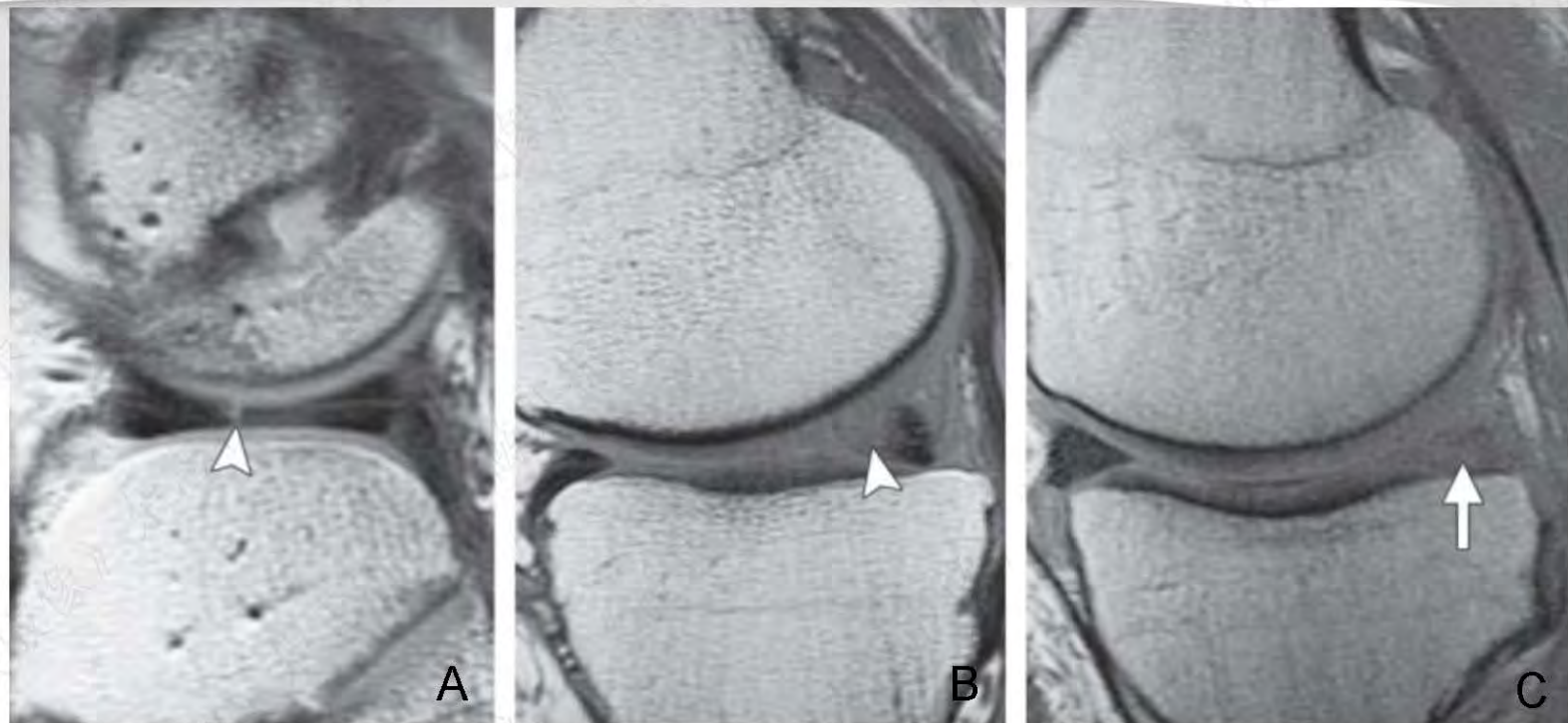
撕裂方向与半月板的长轴方向垂直，从半月板内缘到外缘穿过半月板

# 半月板损伤（放射状撕裂）



- 1、截断征（cleft sign）
- 2、半月板缩短（truncated meniscus）
- 3、半月板消失（ghost meniscus）

# 半月板损伤（放射状撕裂）

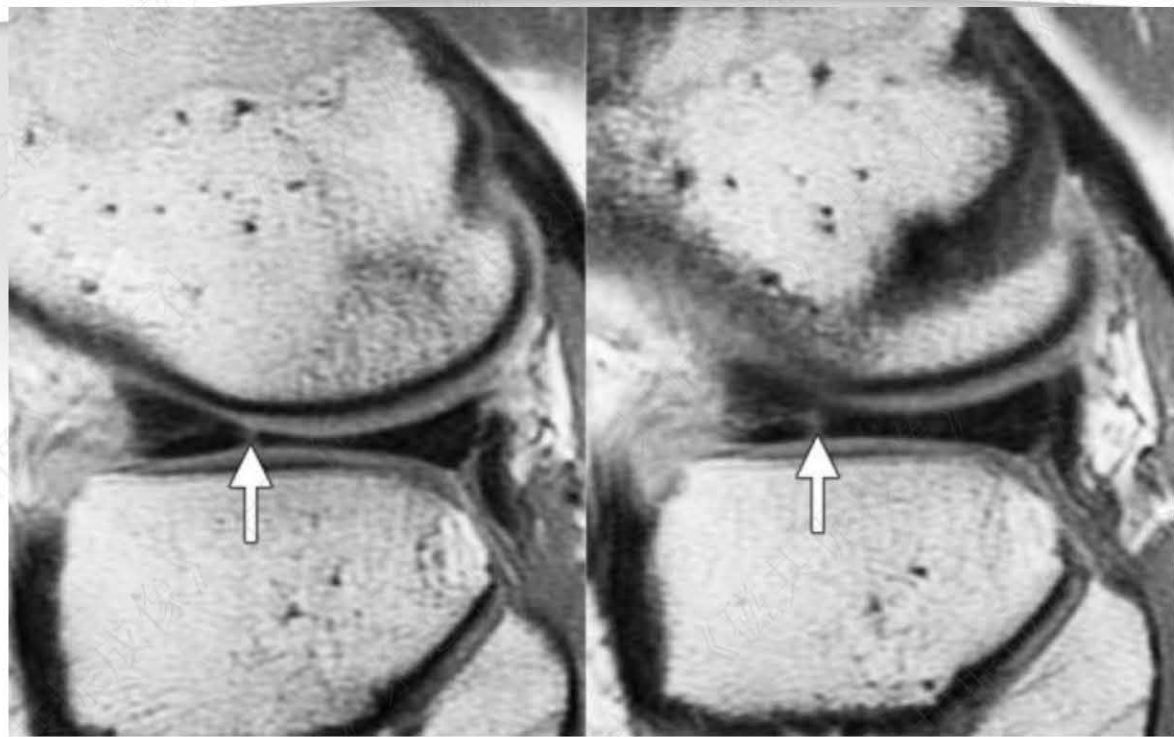


图A：截断征（cleft sign）

图B：半月板缩短（truncated meniscus）

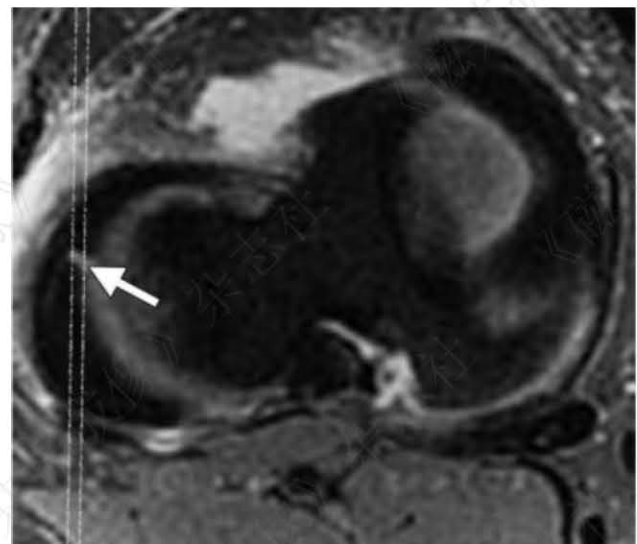
图C：半月板消失（ghost meniscus）

# 半月板损伤（放射状撕裂）

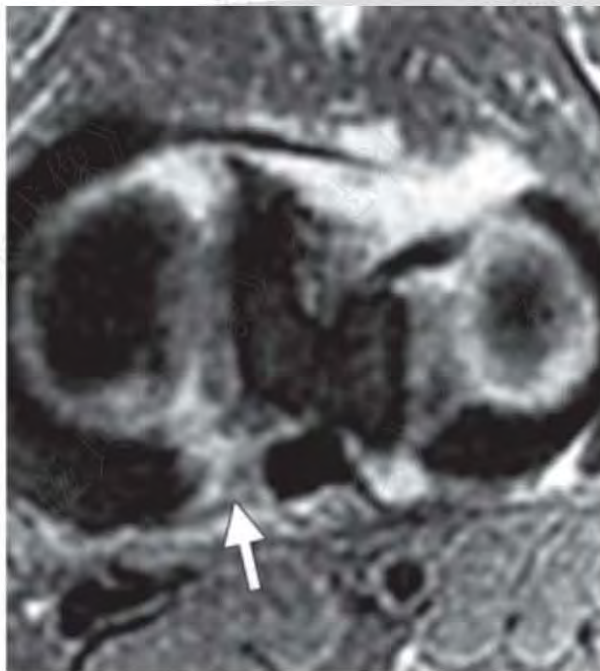


垂直走行线状高信号

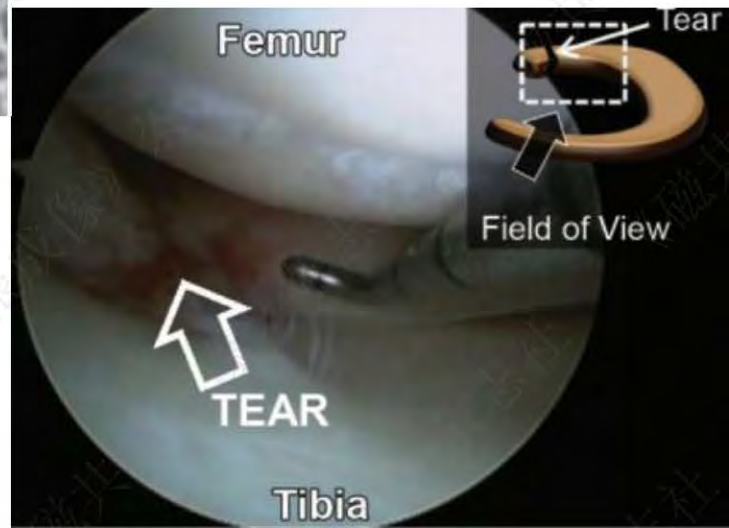
随扫描层面改变，位置  
逐渐变化



# 半月板损伤（根部撕裂）



后根部完全撕裂



# 半月板损伤（复杂撕裂）

同时合并有水平撕裂与纵向撕裂





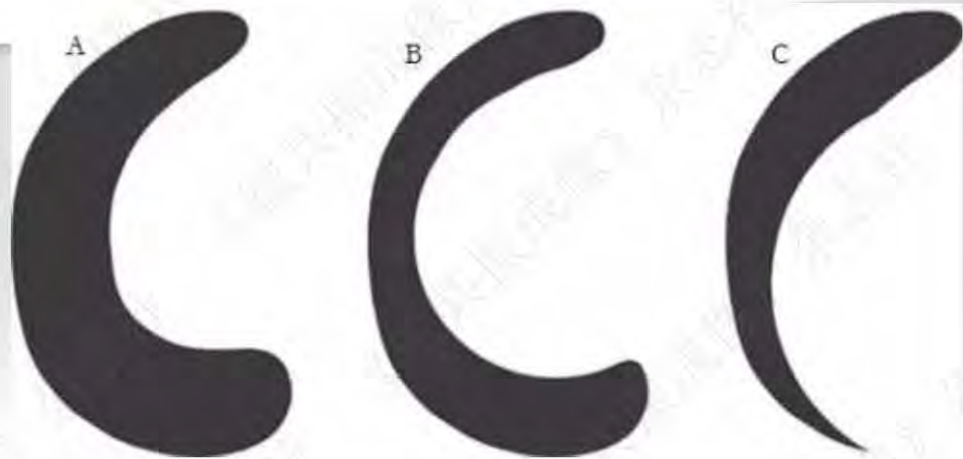
# 半月板损伤的术后评价

- 缝合后半月板状况
  - 全层愈合
  - 部分愈合
  - 全层不愈合
- 是否再撕裂
- 其它合并症：感染、软骨损伤？



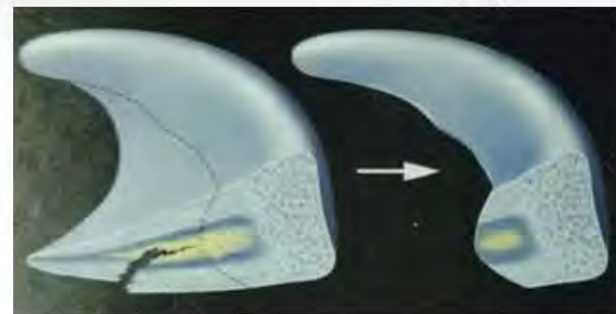
## 半月板损伤的治疗方法

- 保守治疗
- 部分切除术 (成形)
- 全部切除
- 缝合
- 移植



## 半月板部分切除术

- A为正常半月板
- B为环形切除后半月板，半月板外圈保留
  - 可维持半月板在传递负荷、减震和缓冲重力方面的基本功能
- C为节段切除后半月板，半月板后缘附着部被切除
  - 使半月板的生物机械特性部分丧失



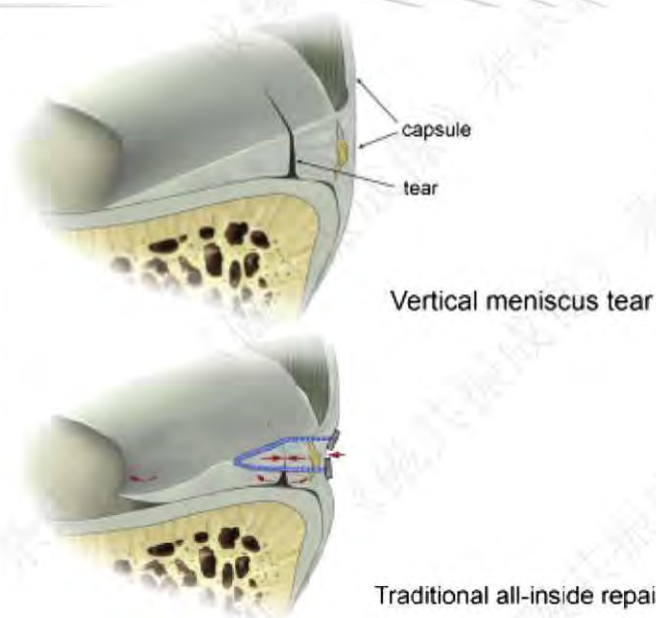
# 半月板修补术

- 自内向外技术
- 自外向内技术
- **全内缝合技术**

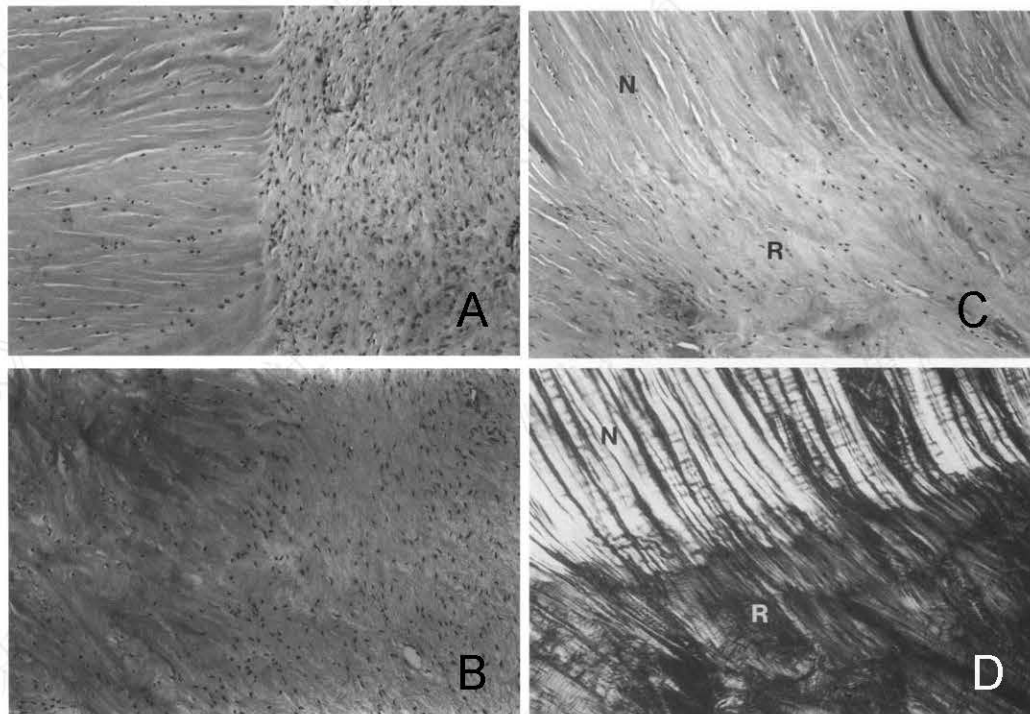
其中半月板内  
固定物技术为  
新兴技术

## 常规适应症

1. 年轻：年龄 < 40岁最佳
2. 红区或红-白交界区撕裂
3. 合并ACL损伤
4. 裂口 > 1cm
5. 纵型撕裂



# 半月板修复过程



## 术后2月(A)

- 部分修补区裂隙被纤维细胞组织和纤维血管所填充

## 术后3月(B)

- 纤维血管组织逐渐向纤维软骨化生，血管结构及纤维细胞逐渐减少

## 术后6月(C、D)

- 基本完全被化生的纤维软骨填充，但化生的纤维软骨与正常半月板存在显著区别

## 半月板损伤术后的评价

- 常规MR（形态、高信号）
- 关节腔造影
  - 诊断半月板是否愈合：半月板内是否有液性信号
  - T2WI上液性高信号提示再次撕裂：特异性高，敏感度低
  - 低-中等信号：瘢痕组织、纤维软骨
- 关节造影：T1WI上半月板内见高信号对比剂；或T2WI上液性高信号；撕裂半月板移位

## 半月板术后评价

再撕裂	半月板碎片移位；半月板内明确的与关节腔相通的液体信号出现在2个以上图像
可能撕裂	明确与关节表面相通的液体信号出现在1个图像；或线样表面液体信号出现在1个图像
不确定	PDW出现线样信号（但无液体信号）

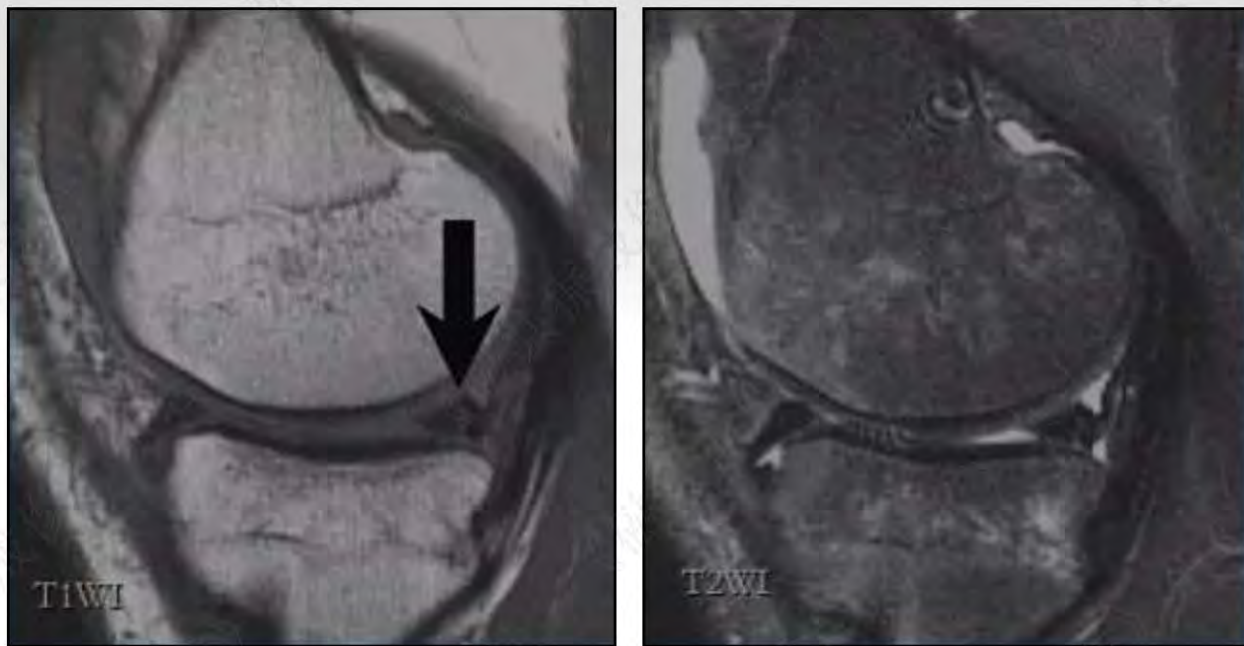
**金标准：二次镜检**



## 半月板部分切除术常规MR

- 外侧半月板后角变小
- T1WI可见累及关节面的高信号，T2WI未见高信号，患者无不适

# 半月板修补术后常规MR



- 半月板修补术后10月
- T1WI示术区局部呈高信号，T2WI未见水样高信号，为术后正常表现



术前



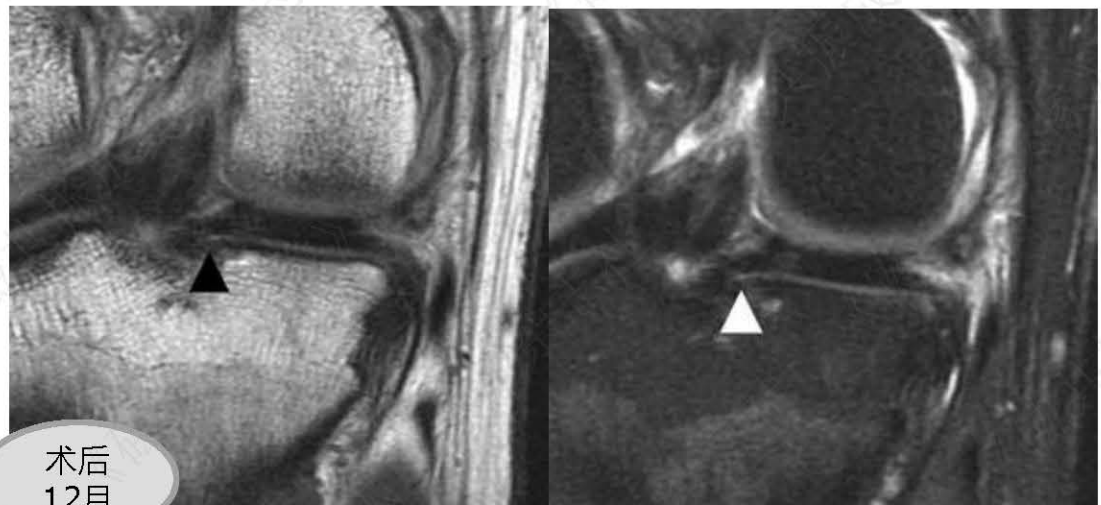
## 常规序列

内侧半月板后根部撕裂

• 上图：半月板撕裂

• 下图：高信号消失提示愈合

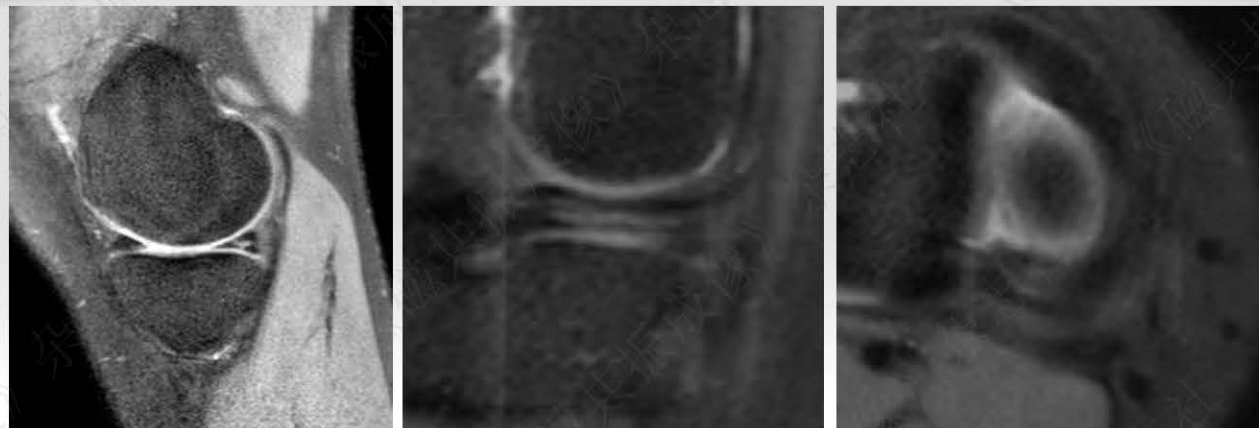
术后  
12月



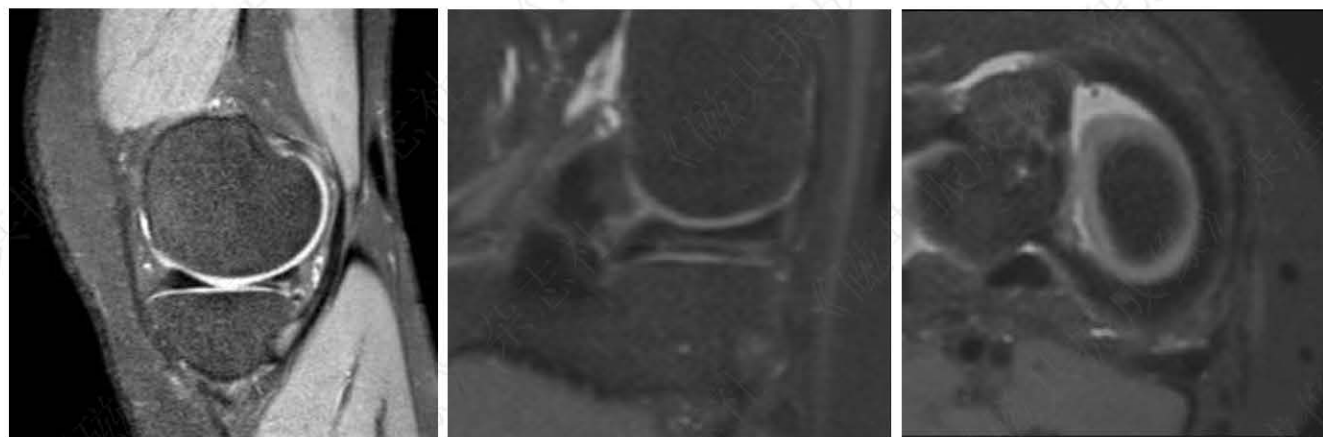
## 常规磁共振扫描的局限性

- 修补区内的高信号在术后可持续存在，部分可超过10年，即便是达关节面的线状高信号也不能很可靠的诊断为再次撕裂
- 这些高信号可能为不成熟的纤维血管肉芽组织或成熟的纤维软骨疤痕组织

术前



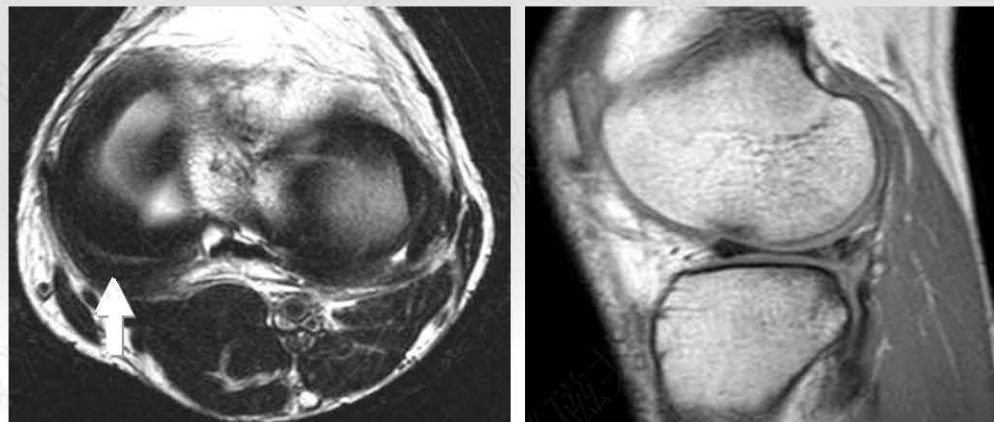
20岁，女，前交叉重建，内后角纵裂（3），外后角瓣状撕裂，修正固定（1）



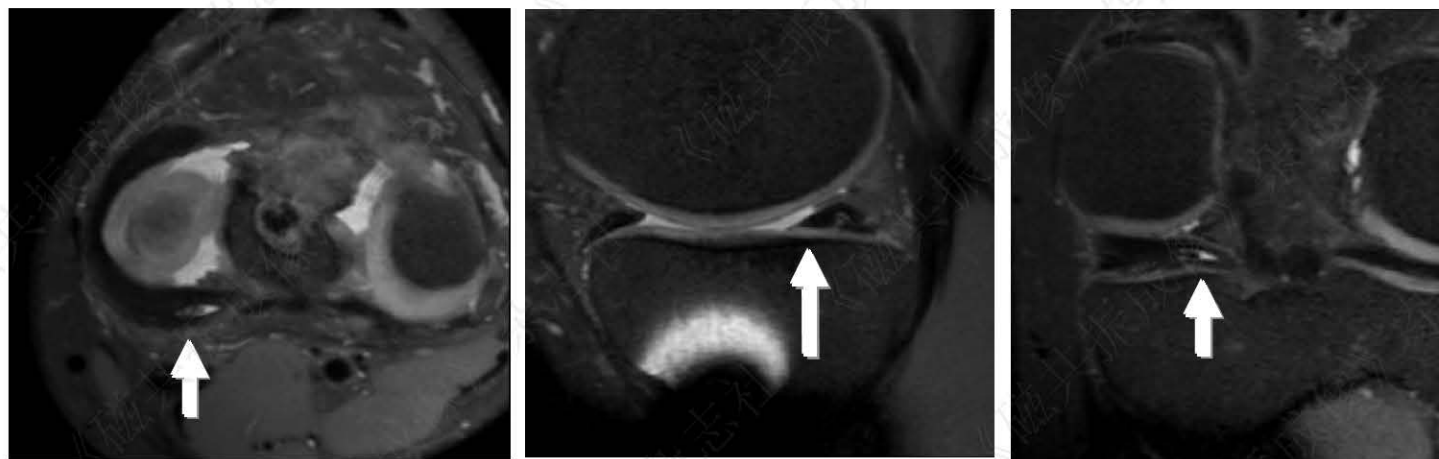
术后1年2月，二次镜检全层愈合

术后1年2个月

术前



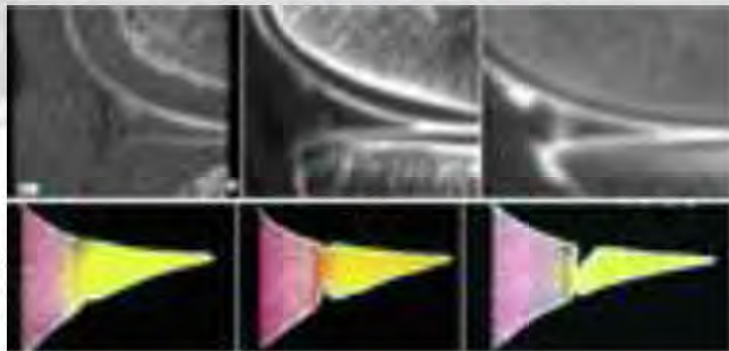
26岁，男  
前交叉重建，外侧半月板修补  
半年后复查，二次镜检，部分愈合



术后半年复查

# 关节腔造影评价半月板愈合

- 根据Henning' s标准将半月板的愈合情况分为
  - 全层厚愈合组：半月板内未见对比剂进入，或有极少量对比剂进入但 < 全层厚的10%
  - 部分层厚愈合组：半月板内部见对比剂信号，但 < 全层厚的50%
  - 全层厚不愈合组：半月板内部对比剂贯穿全层或 > 全层厚的50%
- 此评价方式同时适用于**直接及间接关节腔造影**





## 半月板部分切除术后

- 关节腔造影显示半月板局部形态稍不规则，为术后改变

## 34岁女性，半月板部分切除术后出现膝关节疼痛



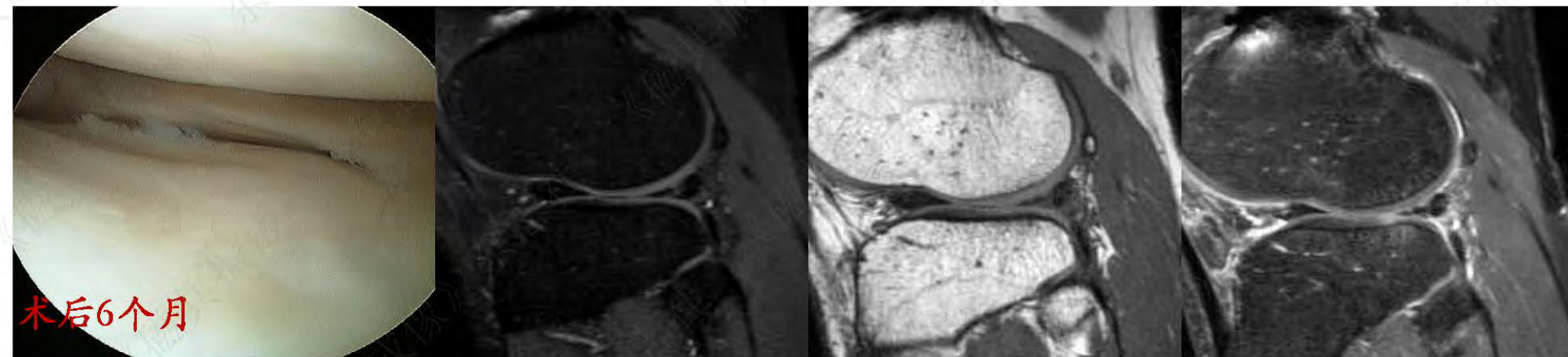
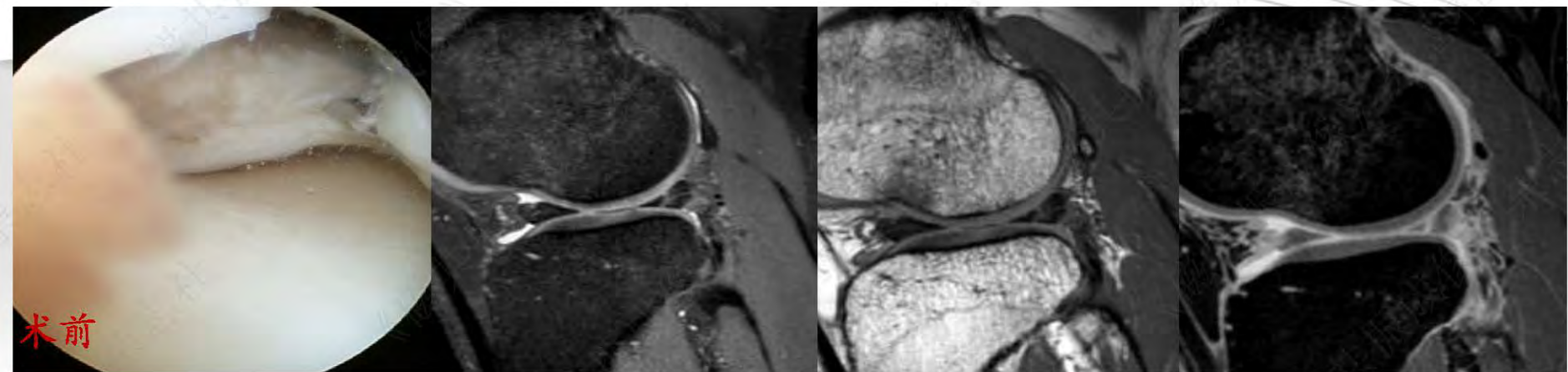
- SAG T1WI示半月板后角内线样高信号，累及其下缘关节面
- 关节腔造影显示对比剂未进入半月板后角内的异常信号区，提示半月板未撕裂



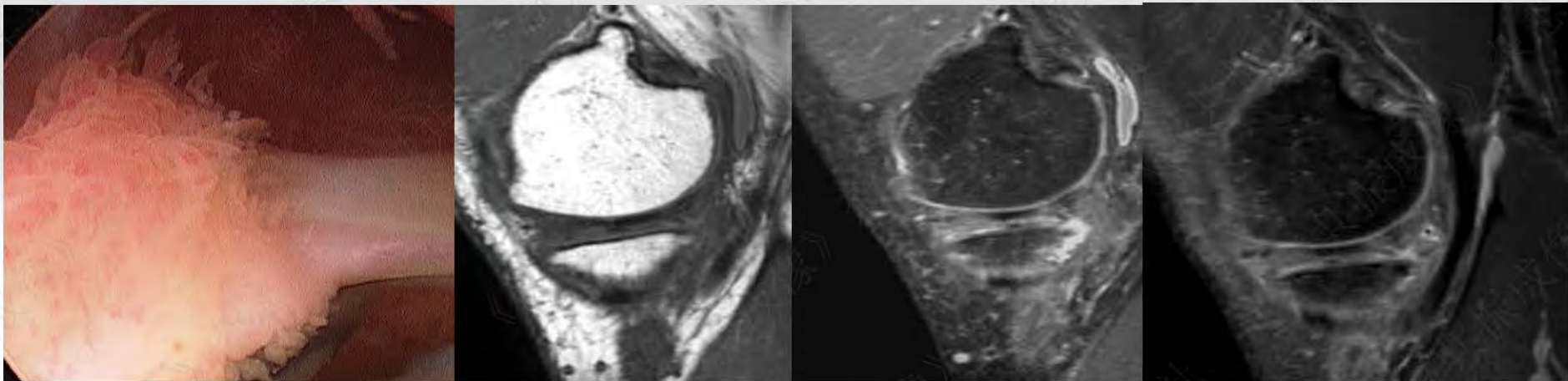
半月板撕裂修补术后2年，纤维软骨化生

- MR关节造影显示术区局部呈T1WI高信号，低于关节腔内对比剂信号，提示其并非撕裂

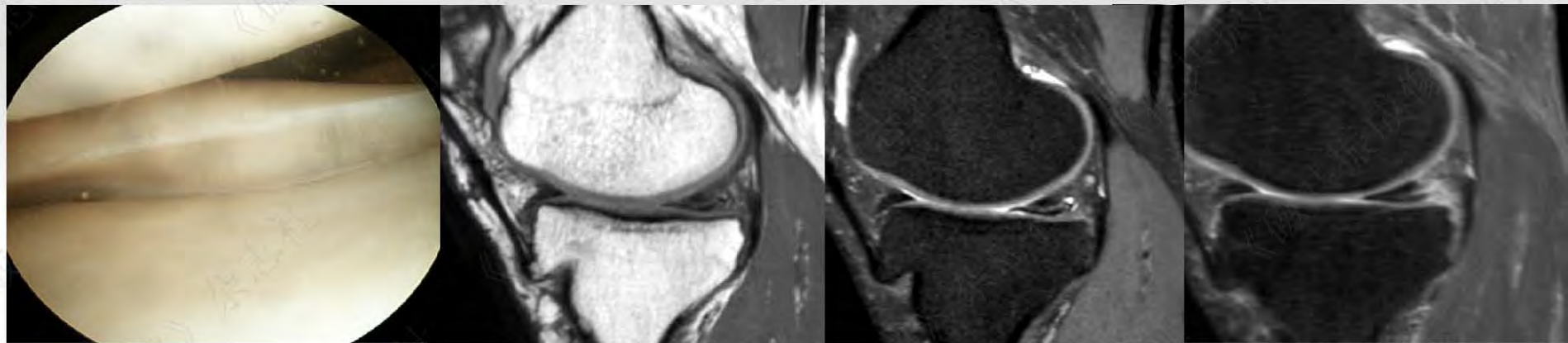




39岁男性，左膝外侧半月板复合裂，缝合后关节镜、间接关节腔造影检查后角全层愈合，前角不愈合



36岁男性，左膝内侧半月板体部及后角桶柄状撕裂，缝合后1年后角全层愈合，体部大量滑膜组织增生替代



32岁男性，右膝内侧半月板后角放射状撕裂，缝合后6年后角全层不愈合

# 半月板部分切除及修补术后并发症

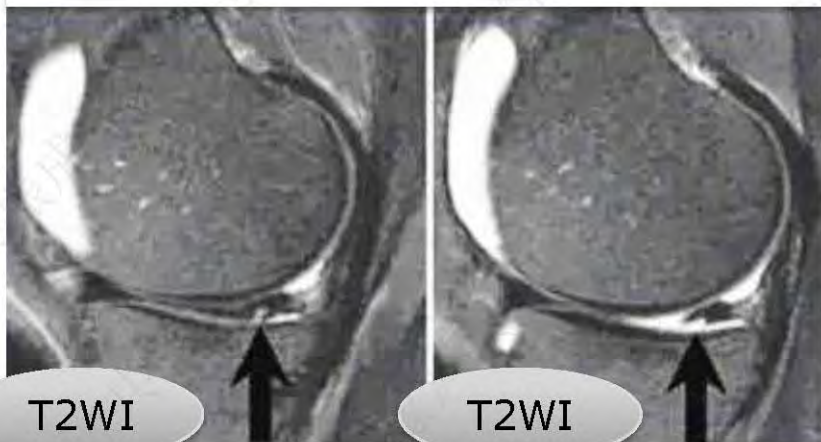
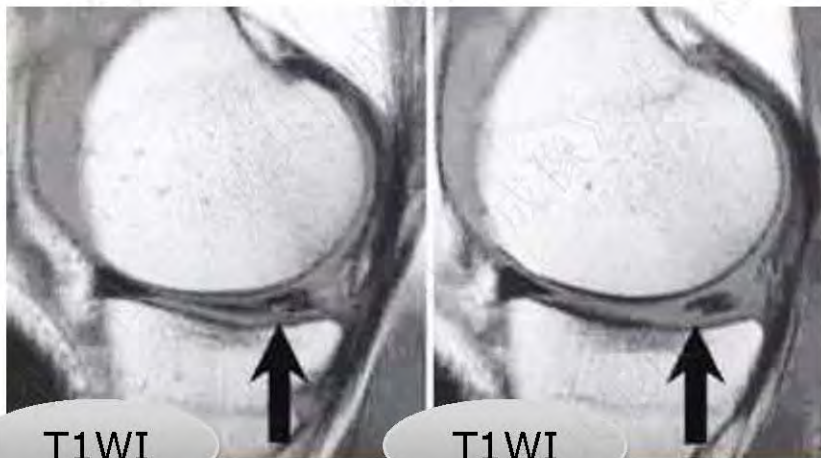
## 半月板撕裂不愈合或再撕裂

- 原因：撕裂范围大、血供差、手术不当以及术后过度负荷或外伤
- 临床表现：膝关节活动疼痛、肿胀、绞锁等症状持续存在或再发
- MR表现
  - ◇ 累及半月板关节面的水样T2WI高信号（特异性高，敏感性低）
  - ◇ 半月板内T1WI和PDW高信号（敏感性高，特异性低）
  - ◇ MR关节造影：对比剂进入撕裂的半月板（有创，特异性及敏感性高）

## 半月板部分切除术后常规MR

- 内侧半月板后角形态不规则

- 下缘水样高信号，提示撕裂复发





- T2WI示半月板修复后再撕裂，关节滑液进入撕裂处（液性高信号）



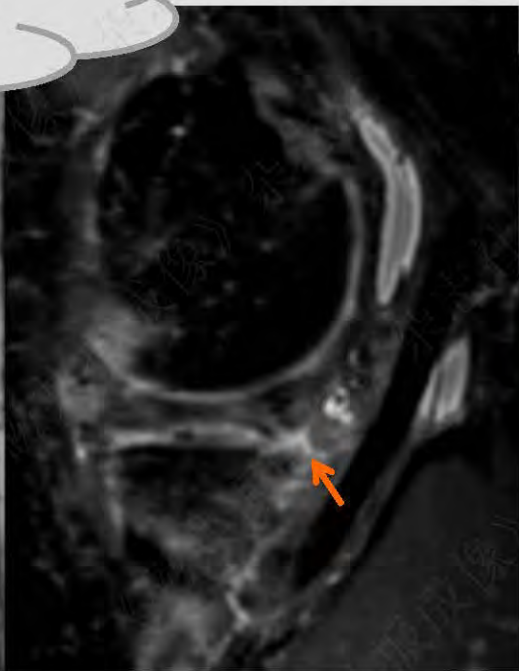
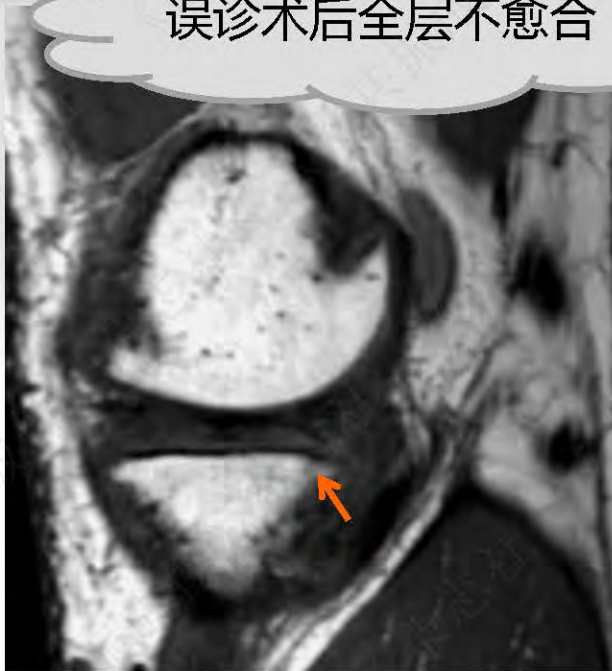
- 关节腔造影后T1WI显示半月板修复后再撕裂，对比剂进入半月板撕裂处

## 半月板修补术后再撕裂 (42岁男性, 半月板修补术后出现膝关节疼痛)



- 图1 ( T1WI ) 示半月板后角内线样高信号, 累及其下缘关节面
- 图2 ( 关节腔造影 ) 显示对比剂进入半月板后角内的异常信号区, 提示半月板撕裂

误诊术后全层不愈合



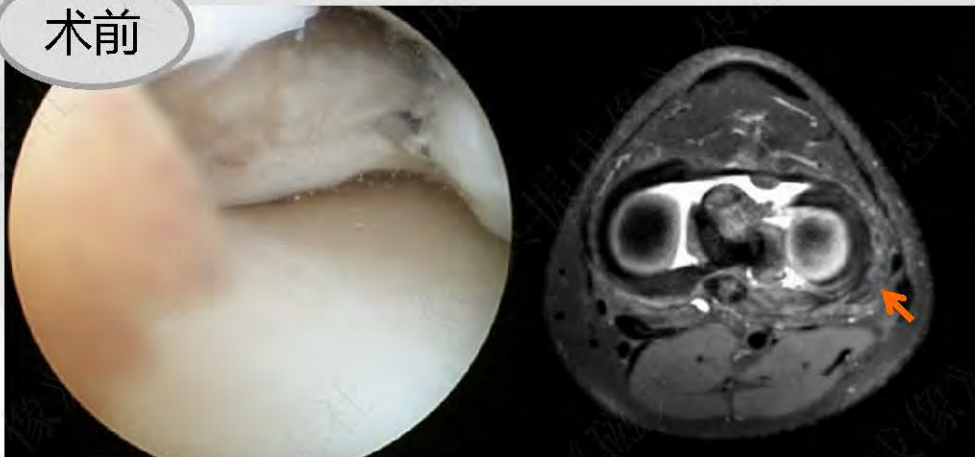
关节镜示全层愈合



- 修补区（肉芽组织）局部强化类似于修补区的液性信号，导致难以准确判断愈合情况



术前



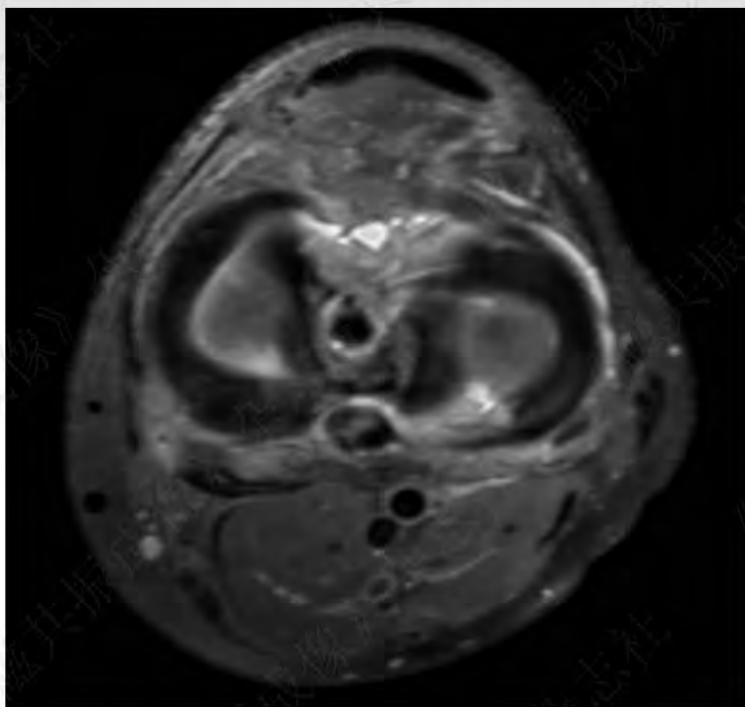
6月



常规序列示高信号仍存在

## 关节腔造影

外侧半月板后角复合裂（全层愈合）



修补处未见高信号对比剂

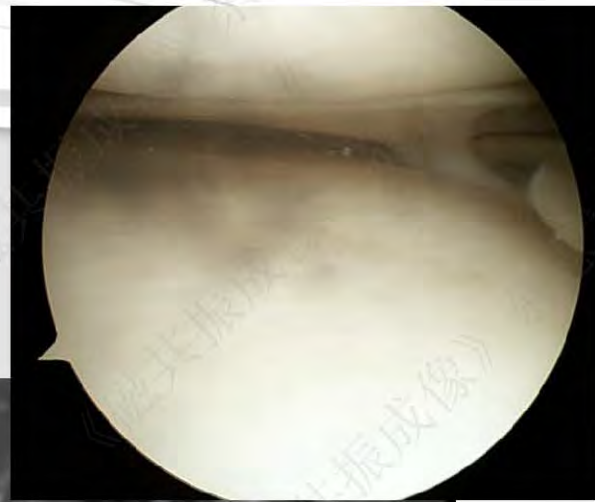
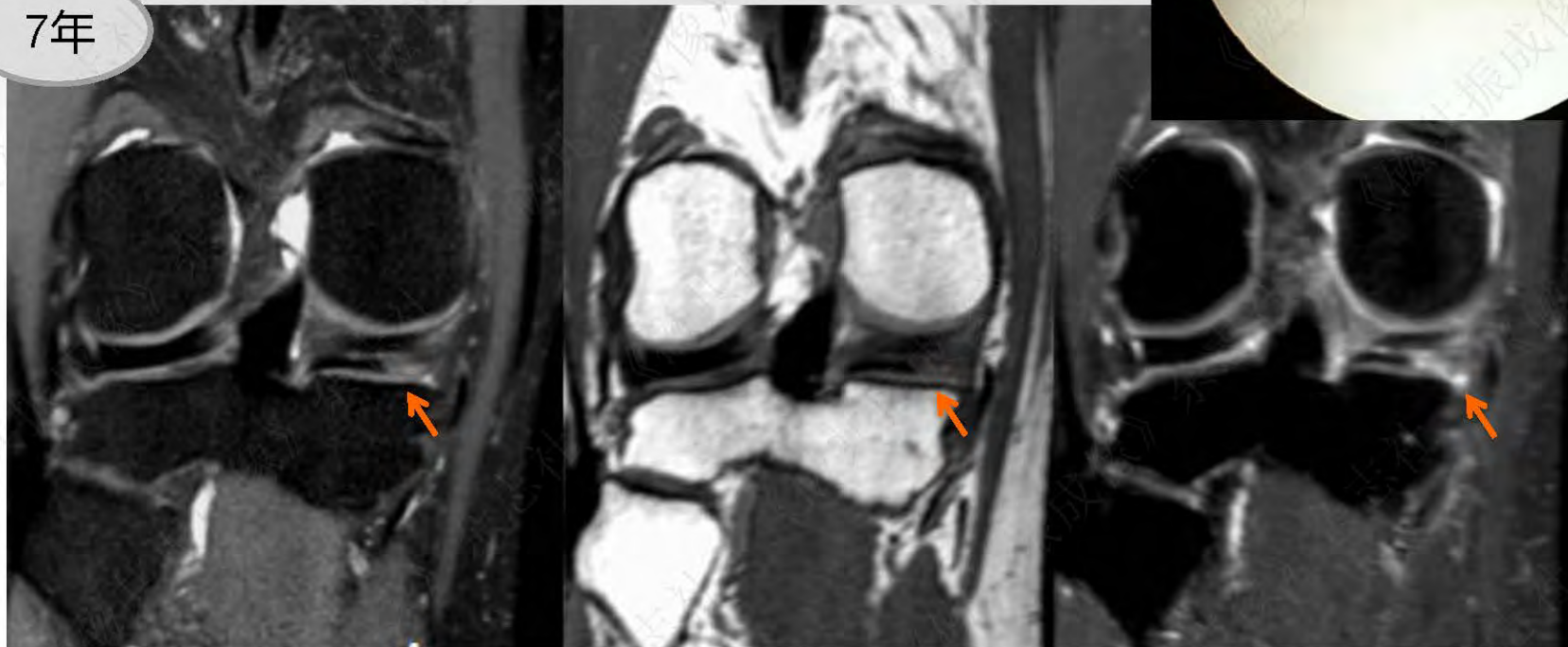
## 内侧半月板后角水平撕裂（部分愈合）



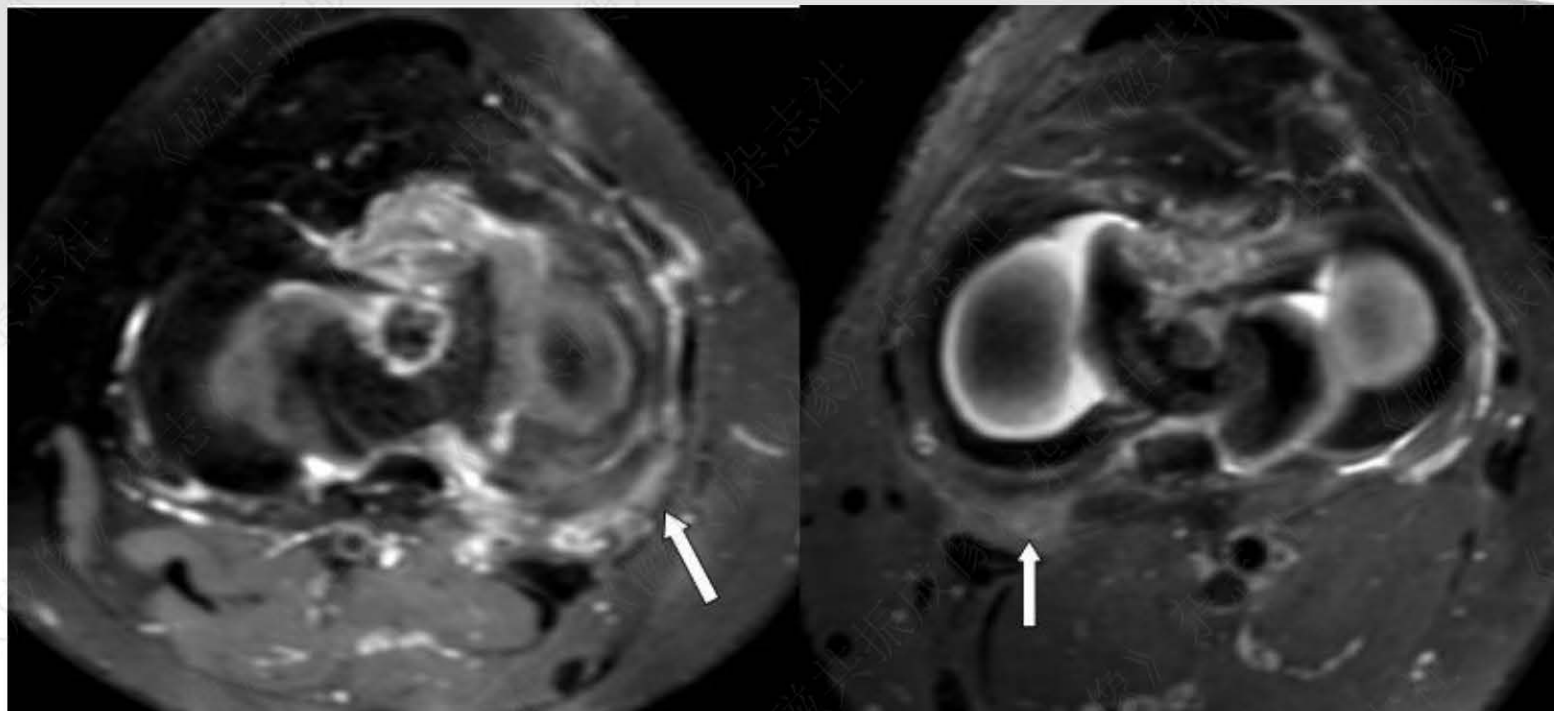
术后1年，常规扫描、间接关节腔造影均可见条状高信号未达关节面

# 内侧半月板后角水平裂（未愈合并碎裂）

7年



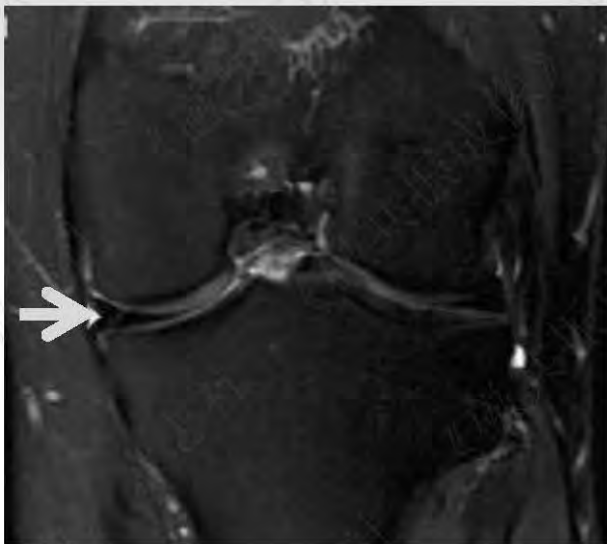
# 关节腔造影



半月板缝合后修补侧近关节囊处滑膜局限性增厚并周围软组织水肿强化

# 结合常规MR和关节腔造影诊断

## MR关节造影可增加诊断信心



T1WI压脂提示内侧半月板纵行撕裂



T1WI压脂关节造影间对比剂渗入裂隙，增强诊断信心

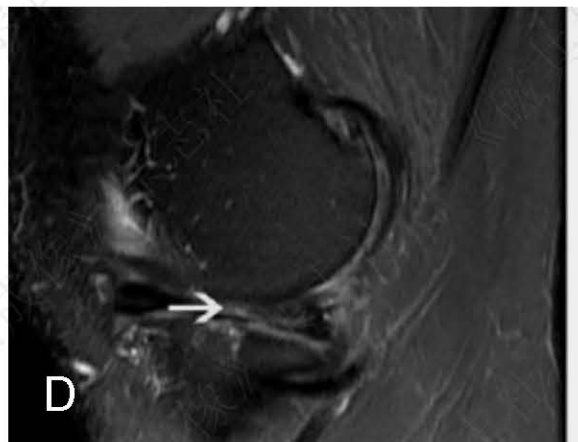
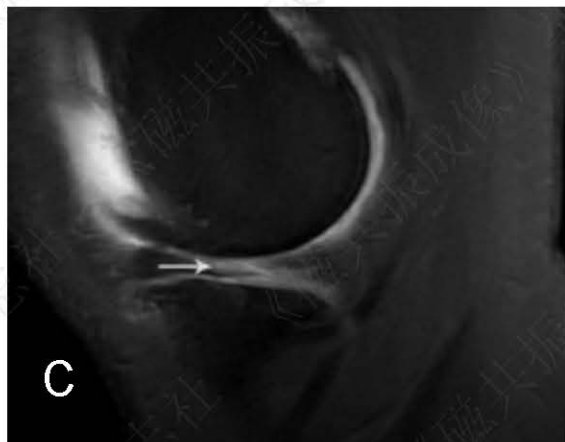
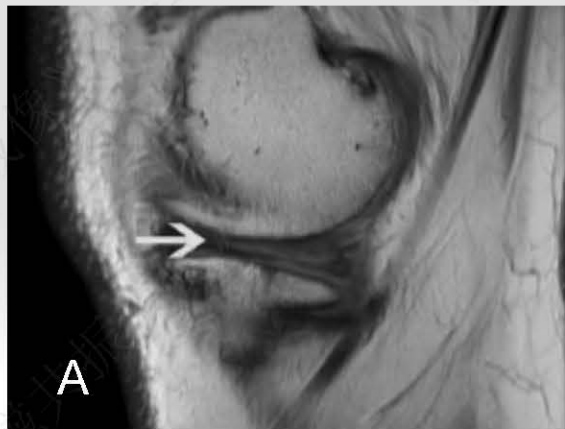
32岁男性，半月板撕裂

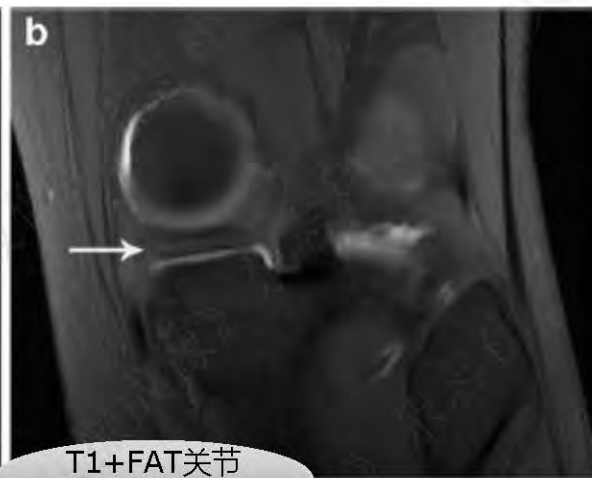
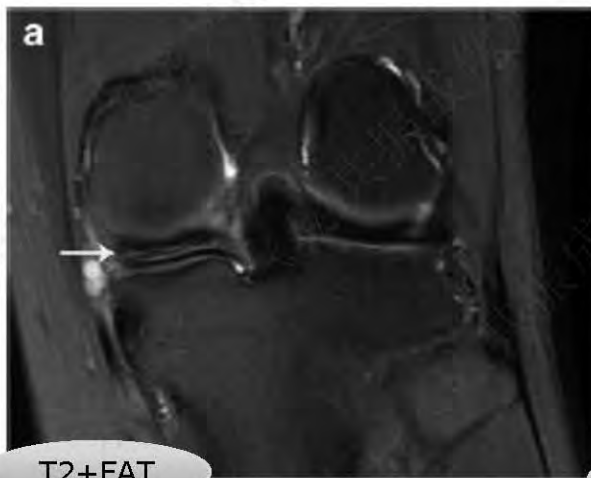
a PDW示半月板撕裂

b T1WI+FAT示半月板可疑撕裂

c 关节腔造影后压脂T1WI示造影剂进入撕裂区

d T2WI压脂示半月板撕裂





27岁男性，术后2年出现症状复查，半月板再撕裂？

•图a示半月板撕裂；图b示造影剂未进入撕裂区；图c示半月板再次撕裂，二次镜检为再撕裂





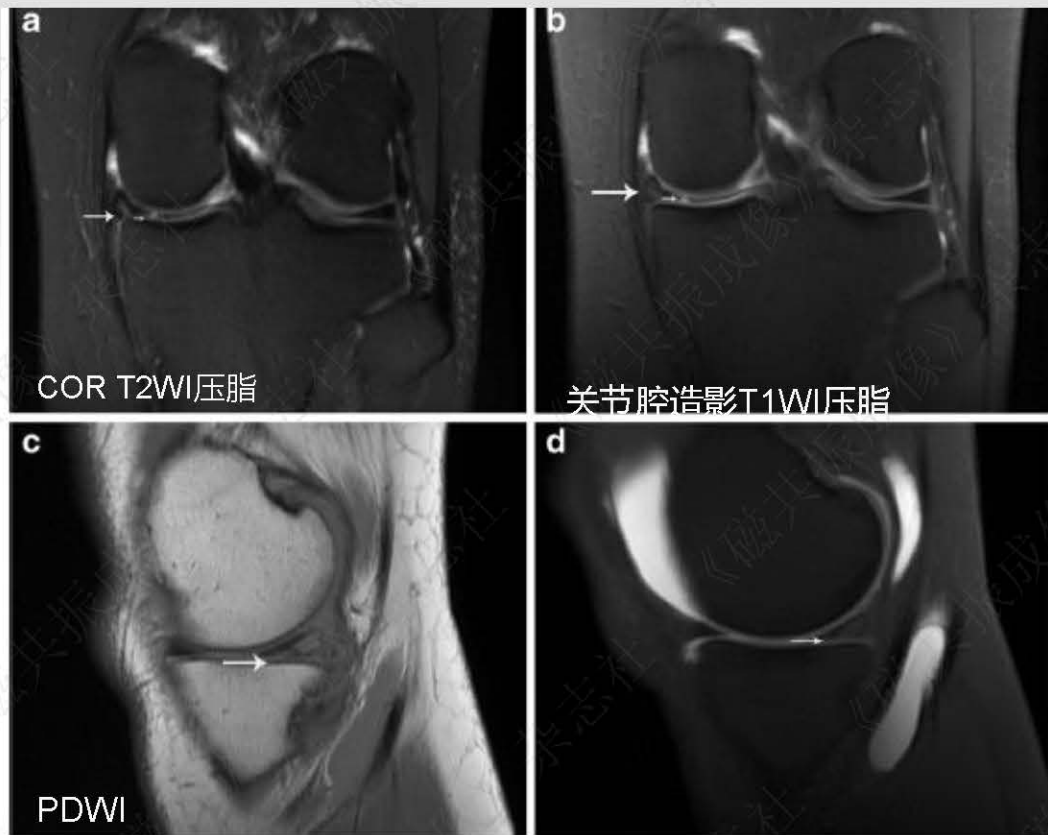
36岁男性，膝关节疼痛，镜检证实半月板撕裂

•图a ( COR T2WI压脂)、图c ( PDWI ) 显示半月板高信号，提示撕裂

•图b、图d ( 关节腔造影T1WI压脂) 显示对比剂未进入撕裂区

**MR关节腔造影有假阴性**

## 24岁男性，膝关节疼痛，手术证实半月板撕裂



- 图a 示半月板水平（大箭头）和放射状撕裂（小箭头）
- 图b 显示对比剂未进入水平撕裂区，但进入了放射状撕裂区 --- 术中见放射状撕裂，未见水平撕裂（常规MR结果假阳性，MR关节腔造影真阴性，结合常规MR和造影为假阳性）
- 图c 显示水平撕裂（假阳性）
- 图d 显示对比剂未进入半月板，为真阴性

# 小结

- 半月板损伤关节镜缝合术日趋增多
- 半月板术后随访评价是重要的临床问题
- 常规MRI+MR关节腔造影是评价术后半月板最佳影像学检查方法
- MR表现
  - 累及半月板关节面的水样T2WI高信号（特异性高，敏感性低）
  - 半月板内T1WI和PDW高信号（敏感性高，特异性低）
  - MR关节造影：对比剂进入撕裂的半月板（特异性及敏感性高）
- 二次镜检仍是金标准

Thank  
You!

