



TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ  
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

**3D VISTA SEKANSİNİN MENİSKÜS YIRTIKLARINI SAPTAMADAKİ  
ETKİNLİĞİNİN ARTROSKOPİ VERİLERİYLE KARŞILAŞTIRILARAK  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Arş. Gör. Dr. Hüseyin Onur ÖZDEMİR

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Neslihan TAŞDELEN

İSTANBUL

2016





TÜRKİYE CUMHURİYETİ  
YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ  
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

**3D VISTA SEKANSİNİN MENİSKÜS YIRTIKLARINI SAPTAMADAKİ  
ETKİNLİĞİNİN ARTROSKOPİ VERİLERİYLE KARŞILAŞTIRILARAK  
DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

Arş. Gör. Dr. H. Onur ÖZDEMİR

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Neslihan TAŞDELEN

İSTANBUL

2016

*Birlikte çalıştığımız süre boyunca her konuda ilgi ve desteğini gördüğüm, bilgi ve tecrübeleriyle beni yönlendiren, mesleki olgunlaşmamda büyük katkıları olan, bölümde eğitim açısından büyük değişikliklere neden olan, anlayış ve iyi niyetiyle sevgimizi kazanan anabilim dalı başkanımız sayın hocam Prof. Dr. Ercan KOCAKOÇ'a,*

*Uzmanlık eğitimim boyunca her zaman yanımda olan, kötü günümde desteğini hissettiğim, her konuda hakkaniyetli davranan, eğitim aşkıyla bilgilerini paylaşmaktan zevk alan, ayrıca tezimle ilgili yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım sayın Doç. Dr. Neslihan TAŞDELEN'e,*

*Kendisiyle hem sosyal hem radyolojik konularda konuşmaktan zevk aldığım, bilgi ve tecrübesinden yararlandığım sayın Yrd. Doç. Dr. Ayşegül SARSILMAZ'a,*

*Engin yaşam tecrübesi ve radyoloji bilgisiyle bana katkı sağlayan, bilgi ve görüşlerini her zaman paylaşan sayın hocam Dr. Zafer AKŞİT'e,*

*Uzmanlık eğitimim süresince bilgilerinden yararlandığım, şu anda bölümümüzde bulunmasalar da geçmişte bilgi ve desteklerini esirgemeyen sayın Doç. Dr. Bengi GÜRSES, Doç. Dr. Başar SARIKAYA, Doç. Dr. Özgür KILIÇKESMEZ'e,*

*Uzmanlık eğitimim boyunca rotasyona gittiğim bölümlerde, bilgi ve ilgilerini esirgemeyen, beni oradaki çalışanlardan farklı görmeyen, başta sayın Prof.Dr. Muzaffer BAŞAK olmak üzere, Prof. Dr. İhsan Nuri AKPINAR, Doç. Dr. İrfan ÇELEBİ, Doç. Dr. Oluş APİ ve diğer hocalarıma ve asistan arkadaşlarıma,*

*Bana her zaman bir ağabey gibi davranan, anlayışlı ve sabırlı olan, zor durumda fikrine başvurduğum Dr. Tevfik GÜZELBEY'e,*

*Tezimle ilgili istatistiksel konularda bilgilerini paylaşan, yardımını istediğim her zaman beni kırmayan sayın Yrd. Doç. Dr. Çiğdem KASPAR'a,*

*Uzmanlık eğitimim boyunca her konuda yardımını ve desteğini esirgemeyen, iş ortamı dışında da birlikte vakit geçirmekten zevk aldığım sayın Zeynep FIRAT'a,*

*Birlikte uyum içinde çalıştığım, başım sıkıştığında bana yardımcı olan başta Sertan KÜÇÜK olmak üzere tüm tekniker arkadaşlarıma, başta Ezgi AVCI olmak üzere tüm banko çalışanları, raportör ve hastane personeline,*

*Tüm hayatım boyunca her konuda arkamda olan, bana inançlarını hiç kaybetmeyen, dünyanın en mükemmel anne ve babasına*

*Sonsuz teşekkürler*

## İçindekiler

1	GİRİŞ VE AMAÇ .....	13
2	GENEL BİLGİLER.....	15
2.1	Diz Eklemi Embriyolojisi.....	15
2.2	Diz Eklemi Anatomisi.....	15
2.2.1	Kemik yapılar :.....	16
2.2.2	Ligamantöz yapılar.....	17
2.2.3	Kas ve tendon yapıları:.....	24
2.2.4	Menisküsler:.....	26
2.2.5	Sinovya ve bursalar .....	30
2.3	Diz Ekleminin Kanlanması .....	31
2.4	Diz Ekleminin İnervasyonu.....	32
2.5	Menisküs Varyantları ve Patolojileri.....	32
2.5.1	Menisküs varyantları:.....	32
2.5.2	Menisküslerin anormal sinyalleri: .....	34
2.5.3	Menisküs yırtıkları: .....	34
2.6	Manyetik Rezonans Görüntüleme .....	47
2.6.1	Fizik prensipler.....	48
2.6.2	MRG’ de kesit alınması ve rekonstrüksiyon .....	50
2.6.3	K alanı .....	51
2.6.4	Frekans kodlama ve faz kodlama gradientleri.....	51
2.6.5	Temel puls sekansları :.....	51
2.6.6	Spin eko (SE) sekansı :.....	52
2.6.7	2D FSE (fast spin eko – turbo spin eko ) görüntülemesi.....	53
2.6.8	3 boyutlu görüntüleme ( 3D FSE) : .....	55
2.6.9	VISTA (Volume ISotropic Turbo spin echo Acquisition ):.....	58
3	MATERYAL VE METOD .....	64
3.1	Hasta Seçimi.....	64
3.2	Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) Değerlendirmeleri.....	64
3.3	Artroskopi Değerlendirmeleri .....	67
3.4	İstatistiksel Analiz.....	68
4	BULGULAR .....	70
4.1	Genel Hasta Grubu.....	70
4.2	Menisküslerin Artroskopi Bulguları.....	70
4.3	2D FS PD ve 3D PD VİSTA’nın Yırtık Saptamadaki ROC Eğrisi Analizleri.....	71

4.3.1	Medial menisküs anteriordaki (MA) yırtıklar için istatistiksel veriler .....	71
4.3.2	Medial menisküs posteriordaki (MP) yırtıklar için istatistiksel veriler: .....	71
4.3.3	Lateral menisküs anteriordaki (LA) yırtıklar için istatistiksel veriler .....	75
4.3.4	Lateral menisküs posteriordaki (LP) yırtıklar için istatistiksel veriler .....	78
4.3.5	Tüm bölgelerdeki menisküs yırtıklarının toplamı için istatistiksel veriler.....	81
4.4	Her İki Sekansın Menisküs Yırtığı Değerlendirmesindeki Sonuçların korelasyonu.....	85
5	OLGU ÖRNEKLERİ: .....	86
6	TARTIŞMA: .....	93
7	SONUÇ: .....	100
8	ETİK KURUL ONAY DİLEKÇESİ.....	101
9	KAYNAKLAR: .....	102



## ÖZET

### **3D VISTA sekansının menisküs yırtıklarını saptamadaki etkinliğinin değerlendirilmesi**

Günümüzde menisküslerin MRG değerlendirilmesinde multiplanar 2D FS PD ( 2 boyutlu yağ baskılı) ve T2 ağırlıklı FSE (fast spin eko) sekansları kullanılmaktadır. Bu sekansların tanısal yeterliliği yapılan çalışmalarla kanıtlanmıştır. Son yıllarda klinik kullanım için farklı MRG firmaları tarafından volüm izotropik 3D FSE sekansları oluşturulmuştur. Bu sekanslar sayesinde tek bir görüntüden aynı kalitede tüm planlarda görüntüler elde edilebilmekte böylece tetkik süresi kısaltılabilmektedir. Bu araştırmada bir 3D volüm izotropik FSE sekansı olan 3D VISTA sekansının menisküs yırtıklarını saptamadaki etkinliği araştırıldı.

Eylül 2014 – Kasım 2015 tarihleri arasında Yeditepe Üniversite Hastanesi'nde diz MRG'si çekilen ve aynı zamanda artroskopi yapılan 65 tane hastaya ait 66 tane diz MRG'si retrospektif olarak değerlendirildi. Sagittal 2D FS PD ile 3D PD VISTA'nın menisküs yırtıklarını saptamadaki tanısal değerleri ROC eğrileriyle ve Cramer Rou değerleriyle karşılaştırıldı. Menisküsler medial menisküs anterior (MA), medial menisküs posterior (MP), lateral menisküs anterior (LA), lateral menisküs posterior (LP) olmak üzere 4 bölgeye ayrılarak her bölge için yırtık varlığı araştırıldı. Her iki testin sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri hesaplandı. Tüm bölgelerdeki yırtık sayılarının toplamıyla yapılan istatistiksel değerlendirmede 3D VISTA'nın sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri sırasıyla %88.2, %94.5, %92.8 bulunurken 2D FS PD için bu değerler sırasıyla %85.5, %97.5, %93.6 olarak hesaplanmıştır. 3D VISTA'nın menisküs yırtığı saptamadaki etkinliğini gösteren ROC eğrisinin altında kalan alan 0.916 olarak hesaplandı. Bu değer 2D FS PD için 0.912 olarak bulundu. 3D VISTA'nın artroskopi sonuçlarıyla ilişkisini gösteren Cramer Rou değeri 0.814 olarak hesaplandı. 2D FS PD'nin Cramer Rou değeri 0.849 bulundu.

Sonuç olarak etkinliğini araştırdığımız 3D VISTA sekansının menisküs yırtıklarını saptamadaki etkinliğinin 2D FS PD'ye benzer ve oldukça yüksek olduğu görüldü .

**Anahtar kelimeler: 3D VISTA, MRG, menisküs değerlendirmesi**

## **SUMMARY**

### **Evaluation of the diagnostic performance of 3D VISTA for meniscal tears**

Standard clinical MRI of the knee relies on fat saturated two-dimensional PD or T2 weighted fast spin echo sequences especially for meniscal evaluations. Diagnostic performance of these sequences is proven with so many studies. Three-dimensional fast spin echo sequences with isotropic resolution have recently been developed by several MRI vendors. High quality multi-planar reformat images can be created with these sequence, thus these sequences can be performed in one sequence. The diagnostic performance of 3D VISTA sequence, which is 3D volume isotropic FSE sequence, was evaluated with this study.

66 MRI images of 65 patients were evaluated retrospectively by one reader. The patients had undergone both MRI of the knee and subsequent arthroscopic surgery between September 2014 and November 2015. The diagnostic performances of 3D VISTA and 2D FS PD sequences for the diagnosis of meniscal tears were compared with ROC and Cramer Rou values. The menisci of the knee were evaluated in four parts as anterior of the medial meniscus, posterior of the medial meniscus, anterior of the lateral meniscus and posterior of the lateral meniscus. Sensitivity, specificity and accuracy of both MRI sequences were calculated. Sensitivity, specificity and accuracy values of the 3D VISTA for the diagnosis of all meniscal tears are %88.2, %94.5, %92.8 respectively. Sensitivity, specificity and accuracy values of the 2D FS PD %85.5, %97.5, %93.6 respectively. The AUC values (area under ROC) of 3D VISTA and 2D FS PD are 0.916 and 0.912 respectively. The Cramer Rou values of 3D VISTA and 2D FS PD are 0.814 and 0.849 respectively.

In conclusion, diagnostic performance of 3D VISTA for meniscal tears is high and similar to 2D FS PD.

**Keywords: 3D VISTA, MRI, meniscal evaluation**



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Diz eklemindeki kemik ve ligamantöz yapılar (24) .....	17
Şekil 2: Dizin medialindeki ligamantöz yapılar (26) .....	18
Şekil 3: Dizin lateralindeki ligamantöz yapılar (26) .....	20
Şekil 4: Medial ve lateral gastroknemius çıkarıldıktan sonra dizin posteriordaki yapıları (28) .....	21
Şekil 5: Şematik olarak sagittal kesitte menisküs gövdesinin papyona benzer şeklinin demonstre edilmesi (34) .....	26
Şekil 6: Menisküslerin fibriller yapısı (36).....	27
Şekil 7: Menisküsün bölgeleri (Arcnozky- Warren sınıflaması).....	28
Şekil 8: Tibianın proksimal yüzünün çiziminde lateral menisküsün (siyah oklar) ve medial menisküsün (beyaz oklar) yapışma yerleri (19) .....	29
Şekil 9: Anterior meniskofemoral (humphrey) ve posterior meniskofemoral (Wrisberg) ligamanlar (38).....	30
Şekil 10: Diz ekleminin kanlanması ve sınırları (41).....	31
Şekil 11: Komplet ve inkomplet diskoid menisküs (45).....	33
Şekil 12: Menisküs sinyallerinin evrelemesi (53).....	37
Şekil 13: Mesgerzadeh ve arkadaşları tarafından yapılmış menisküs sinyallerinin genişletilmiş evrelemesi (19).....	38
Şekil 14: Cooper tarafından tanımlanan zonlar (55) .....	39
Şekil 15: Arcnozky ve Warren tarafından tanımlanan üç bölge (56).....	40
Şekil 16: Menisküs yırtığı şekilleri (57).....	41
Şekil 17: Horizantal oblik menisküs yırtığı (19) .....	42
Şekil 18: Vertikal menisküs yırtığı (19).....	42
Şekil 19: Vertikal menisküs yırtıklarının sagittal ve koronal planlarda görünüşü (19) .....	43
Şekil 20: Radial meniskal yırtıkların saptanmasında dört işaretin şematik diagramı (59) .	44
Şekil 21 : Normalde rastgele dizilen protonların kuvvetli manyetik alanda bu alana paralel ya da antiparalel dizilimleri (67) .....	49
Şekil 22: Spin eko sekansının temel prensipleri (67) .....	52
Şekil 23: 2D FSE görüntülemesi (70).....	54
Şekil 24: MR görüntüsü elde etmede kullanılan temel yöntemler : 2 boyutlu kesitler, 3 boyutlu single slab ve 3D multislabs (70).....	56
Şekil 25: RF pulslarının eksitasyon, refocusing ve store/recall rolleri (70).....	56

Şekil 26: Selektif olmayan refocusing RF pusları kullanılarak ESP'nin kısaltılması (70)	60
Şekil 27: Değişken sapma açılı refocusing RF pusları kullanılarak eko zincir süresinin uzatılması (70) : a) sabit 180 RF b) sabit 60 RF c) sapma açısı rampası sonrasında sabit 60 RF d) eko zincir boyunca değişken sapma açılı RF <sup>echo</sup> -train duration by using variable flip angles for the refocusing RF pulses. Sol kolon : refocusing RF pulslarının sapma açısı, orta kolon: oluşan eko sinyalin amplitüt grafiği sağ kolon devamlı çizgi : transvers manyetizasyonun total sinyale oranı , sağ kolon kesikli çizgi: z aksı boyunca depolanan manyetizmanın total manyetizmaya oranının 800 mslik eko zinciri boyunca grafiği .....	61
Şekil 28: 3T Philips 16 kanallı SENSE diz koili (88) .....	65
Şekil 29: Diz MRG'si çekilen hastanın pozisyonlaması (89).....	65
Şekil 30: Artroskopide kullanılan standart giriş yerleri (25).....	67
Şekil 31: MP'deki yırtıkları saptamada 3D VISTA sekansının etkinliğini gösteren ROC eğrisi .....	72
Şekil 32: MP'deki yırtıkları saptamada 2D FS PD sekansının etkinliğini gösteren ROC eğrisi .....	72
Şekil 33: LA'daki yırtıkları saptamada 3D VISTA sekansının etkinliğini gösteren ROC eğrisi .....	75
Şekil 34: LA'daki yırtıkları saptamada 2D FS PD sekansının etkinliğini gösteren ROC eğrisi .....	76
Şekil 35: LP'deki yırtıkları saptamada 3D VISTA sekansının etkinliğini gösteren ROC eğrisi .....	78
Şekil 36: LP'deki yırtıkları saptamada 2D FS PD sekansının etkinliğini gösteren ROC eğrisi .....	79
Şekil 37: 3D PD VISTA'nın menisküs yırtık saptamadaki etkinliğinin ROC eğrisi .....	81
Şekil 38: 2D FS PD'nin menisküs yırtık saptamadaki etkinliğinin ROC eğrisi .....	82
Şekil 39: Lateral menisküs anteriorda VISTA'da yanlış pozitif vertikal yırtık(ok).....	86
Şekil 40: Lateral menisküs posteriorda sadece VISTA'da saptanan gerçek yırtık.....	87
Şekil 41: Medial menisküs posteriorda vertikal yırtık.....	88
Şekil 42: Medial menisküs korpusta küntleşme ve anterior boynuz komşuluğunda deplase fragman .....	89
Şekil 43: Medial menisküs posteriorda horizontal oblik ve vertikal komponentleri bulunan kompleks yırtık.....	90
Şekil 44: Medial menisküste kova sapı yırtığı ve çift AÇB bulgusu .....	91
Şekil 45: Medial menisküste kova sapı yırtığı ve çift delta bulgusu .....	92

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 1 :</b> Menisküs yırtık tipleri .....	40
<b>Tablo 2:</b> Araştırmada değerlendirilen 2D FS PD ve 3D PD VİSTA sekanslarının fizik parametreleri .....	66
<b>Tablo 3:</b> MP deki yırtıkları saptamada 3D VİSTA ve 2D FS PS sekanslarının sensitivite, spesifite, pozitif ve negatif prediktif değerleri.....	73
<b>Tablo 4:</b> Artroskopiyile 3D VİSTA sekansının MP'deki menisküs yırtıklarını saptamadaki tutarlılığı .....	74
<b>Tablo 5:</b> Artroskopiyile 2D FS PD sekansının MP'deki menisküs yırtıklarını saptamadaki tutarlılığı .....	74
<b>Tablo 6:</b> LA daki yırtıkları saptamada 3D VİSTA ve 2D FS PS sekanslarının sensitivite, spesifite, pozitif ve negatif prediktif değerleri.....	76
<b>Tablo 7:</b> Artroskopiyile 3D VİSTA sekansının LA'daki menisküs yırtıklarını saptamadaki tutarlılığı .....	77
<b>Tablo 8:</b> Artroskopiyile 2D FS PD sekansının LA'daki menisküs yırtıklarını saptamadaki tutarlılığı .....	77
<b>Tablo 9:</b> LP deki yırtıkları saptamada 3D VİSTA ve 2D FS PS sekanslarının sensitivite, spesifite, pozitif ve negatif prediktif değerleri.....	79
<b>Tablo 10:</b> Artroskopiyile 3D VİSTA sekansının LP'deki menisküs yırtıklarını saptamadaki tutarlılığı .....	80
<b>Tablo 11:</b> Artroskopiyile 2D FS PD sekansının LP'deki menisküs yırtıklarını saptamadaki tutarlılığı .....	80
<b>Tablo 12:</b> Her iki sekansın bölgeler için ayrı ayrı menisküs yırtıklarını saptamadaki AUC değerleri .....	82
<b>Tablo 13:</b> Tüm menisküs yırtıkları saptamada 3D VİSTA ve 2D FS PS sekanslarının sensitivite, spesifite, pozitif ve negatif prediktif değerleri .....	83
<b>Tablo 14:</b> Artroskopiyile 3D VİSTA sekansının tüm menisküs yırtıklarını saptamadaki tutarlılığı .....	83
<b>Tablo 15:</b> Artroskopiyile 2D FS PD sekansının tüm menisküs yırtıklarını saptamadaki tutarlılığı .....	84

## **KISALTMALAR**

**a.:** arteria

**AÇB:** Arka çapraz bağ

**AM:** Anteromedial

**AUC:** Eğri altında kalan alan ( ROC için)

**B<sub>0</sub>:** Manyetik alanın gücü

**CNR:** Kontrast gürültü oranı

**ETL:** Eko zincir uzunluğu

**FISP:** Fast Imaging with Steady state Precession

**FS:** Yağ baskılı

**FSE:** Fast Spin Eko

**g:** giromanyetik sabit

**IM-w:** intermediate ağırlıklı

**lig.:** ligaman

**LA:** Lateral menisküs anterior

**LKL:** Lateral kollateral ligaman

**LP:** Lateral menisküs posterior

**MA:** Medial menisküs anterior

**MKL:** Medial kollateral ligaman

**MP:** Medial menisküs posterior

**MRG:** Manyetik Rezonans Görüntüleme

**n.:** nervus

**ÖÇB:** Ön çapraz bağ

**PD:** Proton dansite

**PL:** Posterolateral

**RARE:** Rapid acquisition with relaxation enhancement

**RF:** Radyofrekans

**ROC:** Receiver operating characteristics

**SE:** Eko aralığı

**SNR:** Sinyal gürültü oranı

**SPACE:** Sampling Perfection with Application optimized Contrast

**SPSS:** Statistical Packages of Social Sciences

**TE:** Eko zamanı

**TE<sub>eff</sub>:** Efektif eko zamanı

**TR:** Repitasyon zamanı

**VISTA:** Volume ISotropic Turbo spin echo Acquisition

**W<sub>0</sub>:** Salınım frekans

**XETA:** eXtended Echo Train Acquisition

**2D:** iki boyutlu (dimensiyonal)

**3D:** üç boyutlu (dimensiyonal)



# 1 GİRİŞ VE AMAÇ

Diz eklemi vücudun en büyük ve yapı olarak en karmaşık eklemdir. Günümüzde spor faaliyetlerinin artması ve yaşam şartlarının aktifleşmesiyle yaralanmaya açık olan eklemlerin başında diz eklemi gelmektedir. Diz eklemi yaralanmaları içerisinde menisküs yırtıkları büyük yer kaplar (1). Geçmişte bacak kaslarının fonksiyonel olmayan kalıntıları olarak tanımlanan menisküslerin günümüzde çok önemli fonksiyonları olduğu anlaşılmıştır (2). Spor yaralanmaları, trafik kazaları gibi direkt travmalarla menisküs yaralanmaları oluşabildiği gibi yaşla birlikte menisküs elastikiyetinin kaybı ve dejenerasyonu sonucunda günlük rutin aktivitelerle yırtıklar oluşabilir (3). Menisküs yırtıkları dizde ağrıya ve hareket kısıtlılığına neden olur. Yaşam kalitesini düşürür. Diz eklemi üzerine sürekli yüklenme ile yapılan mesleklerde iş gücü kaybına neden olan sorunların başında menisküs yırtıkları gelir.

Menisküs problemlerini ortaya koyabilmek için teknolojinin gelişmesiyle yeni yöntemlerden yararlanılmaktadır. Bunlar içerisinde doğruluk yüzdesi diğerlerinden daha fazla olan manyetik rezonans görüntüleme (MRG) günümüzde tercih edilmektedir. 20 yıldır meniskal patolojilerin tanısında MRG başarıyla kullanılmıştır (4). MRG'nin sensitivite ve spesivitesinin menisküs patolojilerinde %90-95, krusiat ligamanlar için de %100'e varan oranlarda olduğu gösterilmiştir (5).

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) yumuşak doku kontrast çözümü gücü en yüksek olan radyolojik görüntüleme yöntemidir. Manyetik rezonans görüntüleme 1971 yılında Paul C. Lauterbur tarafından bulunmuştur (6). 1980 yılında Hawkens, MRG'nin multiplanar görüntüleme özelliğini ortaya çıkarmış ve bu yöntemi kullanarak ilk lezyonu saptamıştır. Manyetik rezonans görüntüleme yöntemi 1980'lerin ikinci yarısında yaygın olarak klinik uygulamaya geçmiştir. MRG günümüzde santral sinir sistemi görüntülemesinden sonra 2. sıklıkla kas iskelet sisteminde kullanılmaktadır (7). Diz eklemi ise en sık MRG tetkiki istenen eklemdir. Non-invaziv olması, iyonize radyasyon maruziyeti olmaması, çok planlı görüntüler elde edilebilmesi MRG'nin önemli avantajlarındandır (8-10).

Diz eklemine değerlendirmek için kullanılan standart MRG tetkikinde sıklıkla yağ baskılı 2 boyutlu (2D) T2 veya intermediate ağırlıklı (IM-w) fast spin eko sekanslar ( 2D T2 veya IM-w FSE) kullanılır (11). Bu sekanslar meniskal yırtık (12,13), ligaman hasarları veya kartilaj hasarı (14,15) gibi eklem patolojilerini göstermede oldukça iyilerdir. Ancak 2D sekansların bazı limitasyonları vardır. Bu limitasyonlardan ilk ikisi kesit kalınlığının göreceli daha kalın olması ve kesitler arası boşluklar olmasıdır. Bu durumlardan ötürü parsiyel volüm etkisi meydana gelir. Diğer limitasyonları ise voksellerin izotropik olmaması ve buna bağlı olarak reformat yapılamadığı için her 3 planda da görüntü alınmasıyla tetkik süresinin uzamasıdır. İzotropik 3 boyutlu(3D) T2 veya IM- w tekniklerin kullanılması bu sorunları çözebilir ve diz anomalilerini göstermede daha yararlı olabilir. İzotropik vokseller, herhangi bir planda farklı kesit kalınlıklarında reformatlara olanak sağlar. Farklı planlarda görüntülemeye gerek olmadığı için de görüntüleme süresini kısaltır. Son yıllarda 3D gradient eko sekanslarına ek olarak 3D FSE (Fast Spin Eko) teknikleri geliştirilmiştir. Değişken flip angle ve uzun eko zincirleri olan 3D FSE sekansını ilk kez Mugler ve arkadaşları beyin görüntüleme için geliştirmiştir. Daha sonra daha uzun eko zinciri kullanan 3D FSE sekansı ( 3D XETA , eXtended Echo Train Acquisition) Busse ve arkadaşları tarafından diz görüntülemesi için geliştirilmiştir (16). Bu sekansı Gold ve arkadaşları eko zamanını ve eko zincir uzunluğunu optimize ederek geliştirmişlerdir (17).

Günümüzde kullanılan volüm izotropik 3D FSE sekansları farklı görüntüleme firmalarında CUBE, VISTA, SPACE gibi farklı isimlerle adlandırılmıştır. Bizim de çalışmamızda kullandığımız 3D PD- VISTA (3D volümetrik izotropik spin eko edinilme ) sekansı volüm izotropik 3D FSE sekansıdır.

Yaptığımız retrospektif çalışmada, hastanemizde Eylül 2014- Eylül 2015 tarihleri arasında diz artroskopisi yapılan ve diz MRG'si çekilen menisküs patolojili hastaların; 2D FS PD sekansındaki bulgularıyla 3D-PD VISTA sekansındaki bulgularını inceledik ve bu bulguları altın standart olan artroskopi bulgularıyla karşılaştırdık.

Amacımız menisküs yırtıklarını göstermede, PD VISTA sekansının, günümüzde rutin kullanılan konvansiyonel 2 boyutlu sekanslara göre üstün veya eksik yanlarını gold standart yöntem olan artroskopiyle korele ederek araştırmaktır.

## 2 GENEL BİLGİLER

### 2.1 Diz Eklemi Embriyolojisi

Alt ekstremitte tomurcukları embriyolojik dönemin 4. haftasında 3. ve 5. lomber omurlar düzeyinde gelişmeye başlar. Bu tomurcuklar içte mezenkim hücreleri dışta ise mezenkimi saran ektodermal kılıftan oluşmaktadır. Dıştaki ektoderm tabakasından deri ve deri ekleri, içteki mezodermden ise kemik, kas ve bağ dokusu oluşacaktır. Ektoderm kaynaklı sinir ağı ve mezoderm kaynaklı vasküler sistem ise gövdeden büyüyerek ekstremitte taslağının içine penetre olur. 6. haftanın sonunda ekstremitte taslağı içinde kemiklerin hyalin kıkırdak modelleri oluşmaya başlar. 8. haftada diz eklemi, eklem boşluğu dışında erişkindeki biçim ve yapısına benzer görünüm kazanır. 8-10. haftalarda ekstremitte tomurcuğu içinde tüm yapılar taslak olarak oluşumunu tamamlar. 12. haftada primer ossifikasyon merkezleri (diafiz) oluşmaya başlar. Eklem gelişim sürecinde 10.-12. haftalarda sinovyal villus kalıntıları, 3-4. ayda bursalar ve 4-5. aylarda ise eklem için yağ yastıkçıkları farklılaşır. 34. ve 38. Haftalarda ise sekonder ossifikasyon merkezleri (epifiz) ilk olarak dizde tibia proksimali ve femur distalinde görülmeye başlar (18).

### 2.2 Diz Eklemi Anatomisi

Diz eklemi femurun medial ve lateral kondilleri ile bunlara karşılık gelen tibial kondiller arasında oluşan iki kondilereklem ve femur distal ucu ön yüzü ile patella arasındaki eklemde oluşan sinovyal bireklemdir. Diz eklemi 3 tane fonksiyonel eklem boşluğundan oluşur (patellofemoral, medial tibiofemoral ve lateral tibiofemoral kompartmanlar) (19).

Diz eklemine şekli nedeniyle oldukça az stabiliteye sahip olması beklenir. Ancak dizin statik ve dinamik sınırlayıcıları dizin bütünlüğünü ve stabilitesini sağlar.

Dizin statik sınırlayıcıları kemik yapılar, meniskal yapılar ve ligamanlardır.

Dinamik sınırlayıcılar ise muskulotendinöz yapılar ve eklem yüklenmesinin stabilizan etkisidir.



Diz eklemi, önde; kuadriseps tendonu ve patellar tendon, anteromedialde ve anterolateralde; medial ve lateral patellar retinakulumlar, içte; medial kollateral ligaman, dışta; lateral kollateral ligaman, arkada; uyluk ve kruris seviyesinden gelen güçlü kas yapıları güçlendirmektedir. Diz eklemi ayrıca içerde ön ve arka çapraz bağlarla stabilize edilmiştir (20).

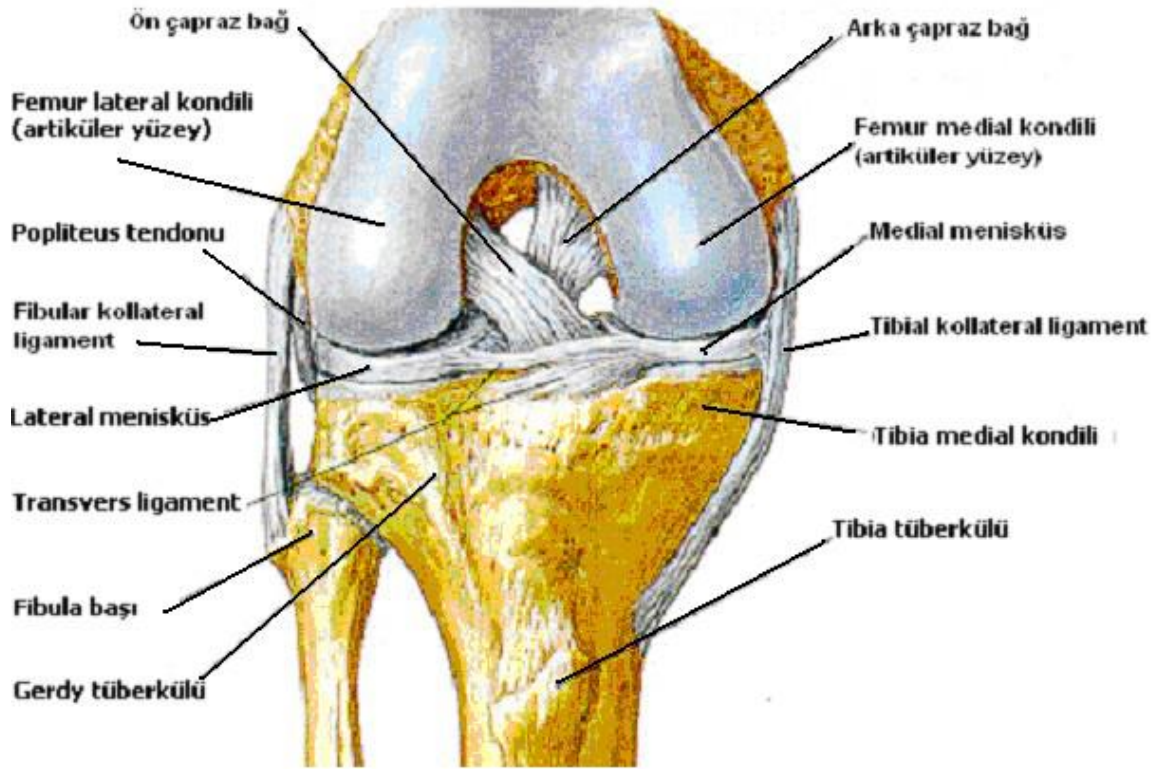
### **2.2.1 Kemik yapılar :**

Femur alt ucundaki femoral kondiller arkada interkondiller fossayla birbirlerinden ayrılır. Femur kondillerinin ön yüzleri oval, arka yüzleri ise sferiktir. Ön yüzdeki oval yapı ekstansiyonda stabilizeyi artırır. Arka yüzdeki sferik yüz sayesinde hareket açıklığında genişleme olmakta ve diz eklemi fleksiyonda iken rotasyon hareketi yapabilmektedir.

Medial ve lateral femur kondilleri asimetrik yapıdadır. Medial femur kondil lateral kondile göre daha geniştir. Medial kondilin medial kısmında femur distalinde düzleşmiş parçaya medial epikondil denir. Medial epikondil medial suprakondiler çizgiyle birleştiği yerde addüktör tüberkül adında çıkıntı oluşturur. Buraya addüktör magnus kasının iskiokondiler parçasının tendonu yapışır. Kondiller arasındaki oluk patellofemoral sulkus veya troklea olarak adlandırılır ve patella ile eklem yapar (21).

Medial ve lateral tibia platolarından medial plato daha büyük, konkav veya düze yakın, lateral plato ise hafifçe konvektir. Medial ve lateral platolar arasında eminensia interkondilaris mevcuttur. Eminensia interkondilarisin anteriorundaki fossada medial ve lateral menisküs anterior boynuzları ile ön çapraz bağın (ÖÇB) yapışma yeri, posteriorundaki fossada ise menisküslerin posterior boynuzları ile arka çapraz bağın (AÇB) yapışma yeri vardır (22,23).

Patella, ekstansör mekanizmada yer alan kabaca üçgen şeklinde olan vücudumuzdaki en büyük sesamoid kemiktir. Patella eklem yüzeyi vertikal bir çıkıntı ile medial ve lateral fasetlere ayrılmıştır. Medial eklem yüzeyi daha küçük ve hafif konvektir. Lateral yüzey kemiğin 2/3'ünü oluşturur ve sagittal düzlemde konveks, koronal düzlemde konkavdır. Patellanın longitudinal çizgilenmeler vardır. Bu çizgilenmelere kuadriseps tendonun süperfisyel fibrilleri neden olur (19).



Şekil 1: Diz eklemindeki kemik ve ligamentöz yapılar (24)

### 2.2.2 Ligamentöz yapılar

Diz ekleminin fibröz kapsülü farklı bölgelerde kalınlaşarak bağ işlevi de göstermektedir. Diz eklemini etrafındaki ligamentöz yapıların yapı ve işlevlerini daha kolay anlayabilmek için kompartmanlarına göre ligamentöz yapıları gruplayabiliriz.

#### *Anterior Kompartman:*

Dizin ön kesiminde üstte kuadriseps tendonu, altta patellar tendon, içte medial patellar retinakulum ve vastus medialis kası, dışta lateral patellar retinakulum ve vastus lateralis kası bulunur. Kuadriseps tendonu; kuadriseps kasının dört komponentinin birleşerek oluşturduğu tendondur. Patellanın birkaç santimetre üzerinde oluşur ve alt kısmına dek uzanır.

Patellar tendon; proksimalde patella alt kenarına, distalde tuberositas tibiaya yapışır. Yaklaşık altı santimetre olan tendonun yüzeysel lifleri proksimalde kuadriseps tendonu ile birleşir. Patellar tendon normalde bant şeklinde düzgün bir yapı olarak izlenir. Medial ve

lateral retinakula; medial ve lateral longitudinal retinakulumlar m.vastus medialis ve m.vastus lateralisten köken alan fibröz traktuslardır. Patellar tendona paralel olarak uzanır ve tibiaya yapışırlar (22).

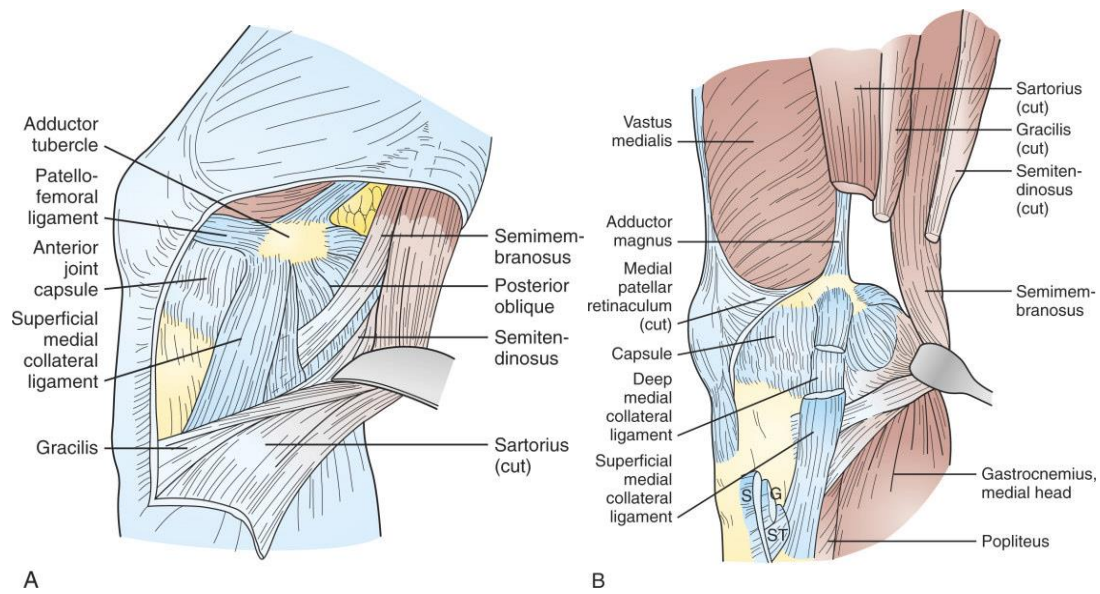
### *Medial Kompartman:*

Dizin medial destek yapıları yüzeyle derine doğru üç tabakadan oluşur.

1.Tabaka: Patellar retinakulum , sartoryusu çevreleyen derin fasya ve medial gastrokinemius kası üzerindeki derin fasyadan oluşur. Yüzeysel tabaka ile 2. Tabaka arasında grasilis ve semitendinozis tendonları bulunur.

2.Tabaka: Medial kollateral ligamanın yüzeysel parçasıdır. Bu tabaka tibial kollateral ligaman veya süperfisyal medial ligaman olarak da adlandırılır. Medialde ana desteği bu tabaka sağlar. Femur medial epikondilinden tibiaya medialde tibial plato altında yapışır. Bu parçanın meniskal bağlantısı yoktur

3.Tabaka: Bu tabakayı eklem kapsülü oluşturmaktadır. Önde patellar kenara yapışırken ikinci tabakadan ayrılır ve inceler. Yüzeysel iç yan bağın altında kalınlaşarak vertikal lifler şeklinde yönelip derin iç yan bağı oluşturur. İkinci ve üçüncü tabakalar eklem posteriorunda birleşerek femoral kondili örten eklem kapsülünü oluştururlar (25).



**Şekil 2:** Dizin medialindeki ligamantöz yapılar (26)

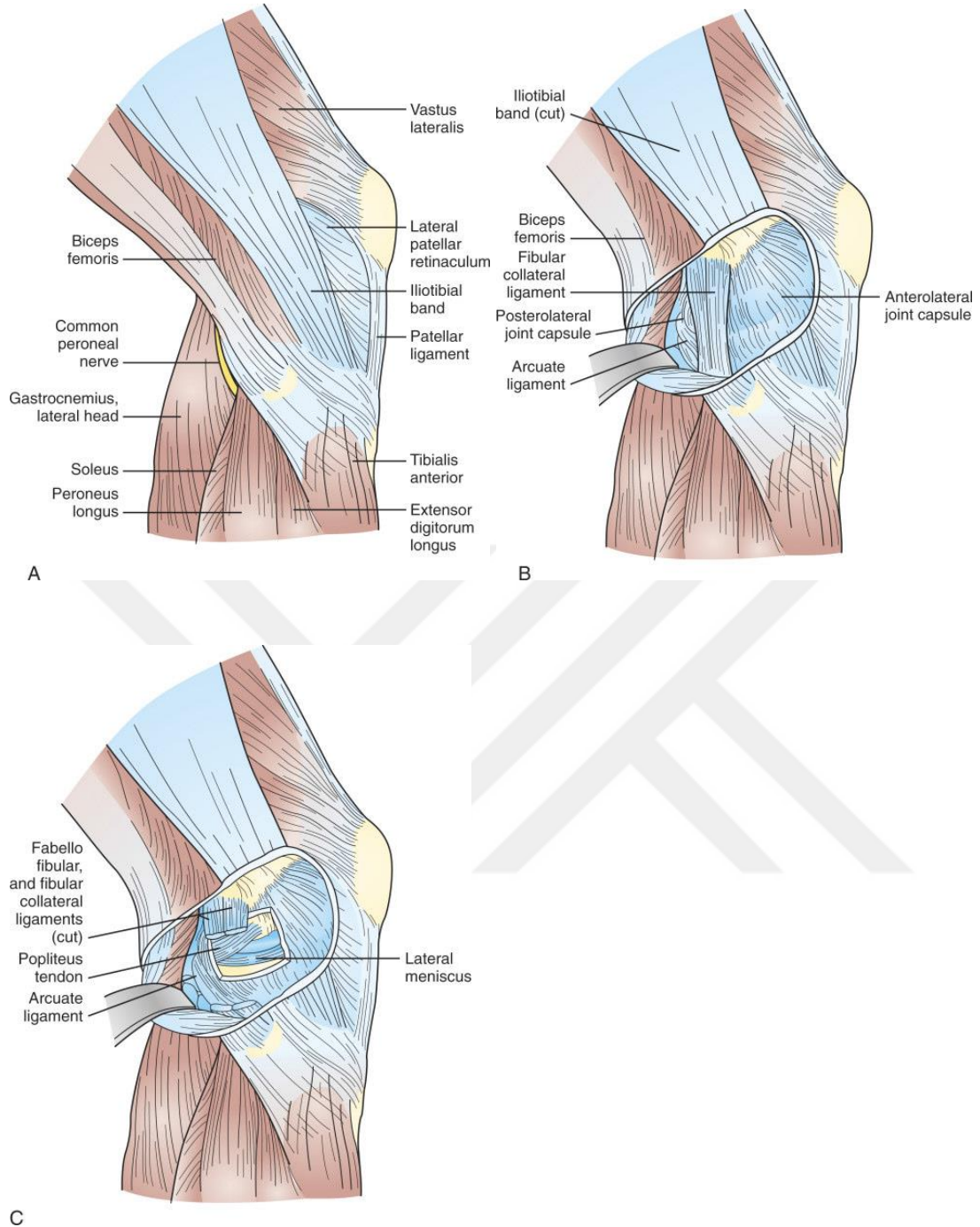
Medial kollateral ligaman( MKL) yüzeyel ve derin tabakaları arasında interligamantöz bursa vardır. Derin parçası medial menisküsle; meniskofemoral ve meniskotibial ligamanlara bölünür. MKL başlıca valgus stresine direnç gösterir. Yaklaşık 10 cm. uzunluğundadır ve ön-arka çapı 1.5 cm.dir. Medial kollateral ligaman MRG'de en iyi koronal kesitlerle izlenir. Femur iç kondili ile tibia medial metafizi arasında uzanır (20).

#### *Lateral Kompartman:*

Lateral destek yapılar, dizin varus açılanmasına , dış rotasyona ve hiperekstansiyona karşı direnç gösterir. Önden arkaya ve yüzeyelden derine doğru tabakalara ayrılır. Yüzeyel tabakayı önde iliotalibial trakt, arkada biceps tendonu oluşturur. İliotalibial trakt tensor fasiya lattanin distal tendonudur. İkinci tabaka patellar retinakulumdan ve patellofemoral bağlardan oluşur. En derin tabaka ise diz ekleminin kapsülünden ve lateral kollateral ligamandan oluşur.

Lateral kollateral ligaman (LKL) lateral destek yapılarının içinde dizde varus stresine karşılık veren en önemli yapıyı oluşturur. Uzunluğu 5-7 cm kadardır. Lateral femoral epikondilden fibula başına uzanır. Fibula başına biceps femoris tendonuyla birleşerek yapışır (20).

Lateral kompartmanın posteriorunda popliteus kası ve tendonu, fabellofibular ve arkuat ligamanlar bulunur. Fabellofibular ligaman, fibular stiloid çıkıntından fabellaya doğru uzanır. Fabella lateral gastroknemius tendonunun normal bir sesamoid kemiğidir. Arkuat ligaman Y şeklinde bir yapıdır. Medial ve lateral olmak üzere iki kolu vardır. Medial kolu eklem kapsülünün arka kesiminden kaynaklanır. Yüzeyel olarak popliteus kasına uzanır. Lateral kol ise kapsülün arka kesiminde gastrokinemius lateral başına yakın kesimden kaynaklanır, fibula başının arka kesimine yapışır (25).



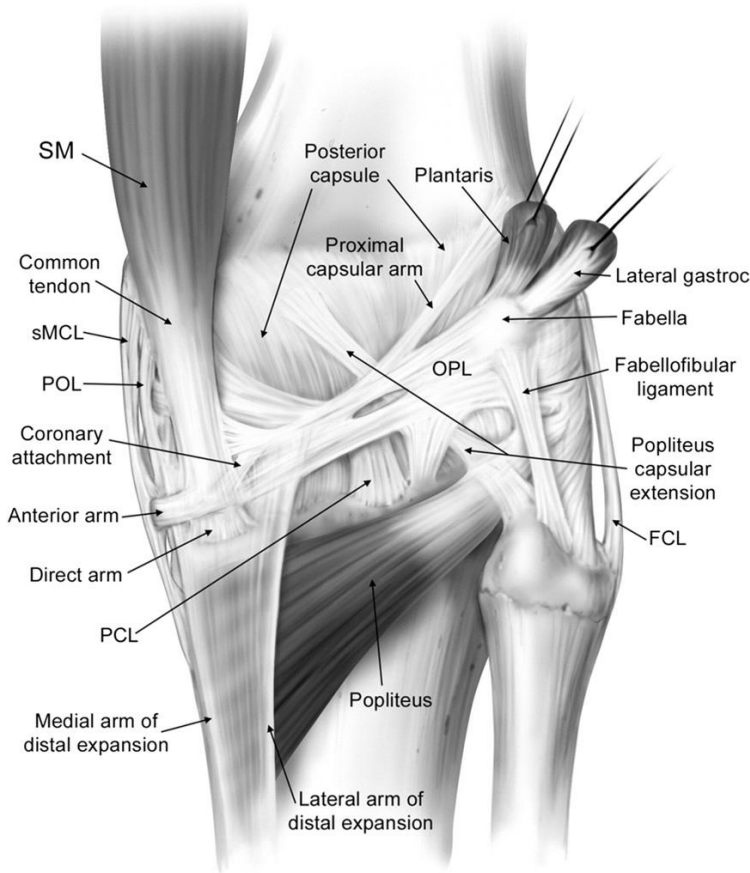
**Şekil 3:** Dizin lateralindeki ligamantöz yapılar (26)

*Posterior Kompartman:*

Posterior kompartmanı oluşturan yapılar posterior kapsül, oblik popliteal ligaman, posterior oblik ligaman , arkuat ligaman, popliteus kası ve gastroknemius kaslarıdır (25,27)

Posterior oblik ligaman dizin posteromedialinde yer alır. Süperiorunda adduktör tüberküle ve medial epikondilin proksimaline yapışır. Medial kapsüler ligamanla MKL arka lifleri birleşerek posterior oblik ligamanı oluşturur.

Oblik popliteal ligaman; dizin posteromedial köşesinden gastroknemius kası lateral başı tendonuna doğru uzanan bant yapısıdır. Eklem kapsülünün posterior kısmını oluşturur ve posterior kapsüler ligaman olarak da bilinir (27).



**Şekil 4:** Medial ve lateral gastroknemius çıkarıldıktan sonra dizin posteriordaki yapıları (28)

#### *Santral Kompartman:*

Ön çapraz bağ ( ÖÇB); tibianın femura göre öne yer değiştirmesine ve dizin iç rotasyonuna direnç gösteren bir ligamandır. Yapısı kord tarzında değil, fibröz fasiküller şeklindedir. Femurdan bir demet olarak kaynaklanan çok sayıda fibrilden oluşur. Ortalama uzunluğu 35-38 mm, genişliği 11 mm'dir. İntrakapsüler olmakla birlikte ekstrasinovyaldir (29). ÖÇB, lateral femoral kondilin medial yüzünde interkondiler çentiğin posteriorundan

başlar. Yapışma yerinin anterioru düz, posterioru konvektir. Posterior konveksitesi lateral femoral kondilin artiküler yüzeyine paraleldir. Bağ anteriora, distale ve mediale doğru uzanır. Bu seyri boyunca lifleri hafif dış rotasyon yapar. Tibiada interkondiler çukurda medial tibial tüberkülün anterior ve lateralindeki geniş bir bölgeye yapışarak sonlanır (20).

Ön çapraz bağ çok sayıda fasikülden oluşmuş bir bağ dokusudur. ÖÇB kaba incelemede ayırt edilemeyen anteromedial (AM) ve posterolateral (PL) demet olmak üzere iki ayrı fonksiyonel demete ayrılır. Bu demetler, dışa dönük spiral seyirli olup ÖÇB'nin kurdele şeklinde yapılanmasını sağlarlar. Bu demetler ÖÇB'nin tibiadaki yapışma yerine göre adlandırılmışlardır. Anteromedial demet daha uzun ve güçlüdür. Femoral kondilin medial kenarından başlayıp anterior tibiada tibial spin ön kesimine yapışmaktadır. Diz ekstansiyonda iken PL demet gerginleşirken, AM demet gevşektir. Diz fleksiyonda AM demet gerilir ve PL demet gevşer. ÖÇB bu yapıyla dizin tüm hareketlerinde fonksiyonel izometriyi sağlamaktadır (20). Vasküler kan akımı popliteal orijinli orta geniküler arter ile sağlanır. Sinirleri tibial sinirin dallarından gelir (30–32).

MRG görüntülerinde ÖÇB, özellikle tibial insersiyon düzeyinde çizgili hiperintens bir yapıdadır. Değerlendirilmesinde üç planda T2 ağırlıklı, ayak 15-30 derece arasında dış rotasyonda iken kesit alınması gerekmektedir. Oblik sagittal planda ligamanın demetleri, kemik konturunun oluşturduğu Blumensaat hattına paralel görülmelidir. ÖÇB'nin geniş anteromedial demeti, interkondiler girintinin üst seviyesine paralel olmalı ve düz ön sınır göstermelidir. Ligamanın kesitine uygun alınan oblik-sagittal planda ÖÇB, imajlarda net olarak değerlendirilemiyorsa veya yırtık olarak izleniyorsa aksiyel ve koronal imajlar da değerlendirmede kullanılmalıdır. Ayrıca femoral interkondiler çatıya paralel T2 ağırlıklı oblik koronal kesitlerin de ÖÇB yırtığının derecelendirilmesinde yararlı olduğu gösterilmiştir. T1 ağırlıklı görüntüler yırtık ligamandaki ödem ve hemorajiyi göstermede yetersizdir (20).

Arka çapraz bağ (AÇB), dizin en güçlü bağı ve başlıca stabilizanıdır. ÖÇB'nin iki katı kadar güçlü olduğundan yırtılabilmesi oldukça yüksek bir güç gerektirir. AÇB, tibianın posteriora deplasmanını kontrol eder, aşırı valgus ve varusa karşı stabilizasyonunu sağlar. Ortalama uzunluğu 38 mm., ortalama genişliği 13 mm.dir. Üst yapışma yeri düz, tibial yapışma yeri ise konvektir. Medial femoral kondil lateral yüzünden başlar. AÇB adını tibiaya yapışma yerine göre almıştır. ÖÇB'nin arkasından posteriora ve laterale geçer.

Tibiada iki tibial plato arasında tibial eklem yüzünün yaklaşık 1 cm. distaline yapışır. Tibial yapışma yerinin genişliği ortalama 13 mm.dir. AÇB diz içinde tamamen sinovyal doku ile kaplanmış olduğundan eklem dışı yapı olarak değerlendirilir (20). AÇB distalde posterior kapsül ve tibial periosta lifler verir. Koronal planda diz eklemine medialinde yerleşir. Sagittal planda ise posteriora eğimlidir. Bu anatomik özellikten dolayı AÇB rüptürü şüphesinde fizik muayenede arka çekmece testi uygulanır. Birbirinden tam olarak ayrılamayan iki parçası vardır. Anterolateral ve posteromedial bantlardan oluşur. Anterior lifler bağın büyük bir bölümünü oluşturur. Anterior liflerin ekstansiyonda gevşek, fleksiyonda gergin olduğuna inanılır. Bunun tersi daha ince olan posterior lifler için geçerlidir. Ligamanın asıl hacmini anterolateral bant oluştururken, posteromedial bant yaklaşık % 15 lik bir kısmını oluşturur (33).

Arka çapraz bağ, MRG'de düşük sinyal gösteren bant şeklinde bir yapıdır. En iyi görüntüleme sagittal plandadır. Diz ekstansiyonda iken AÇB, düşük sinyal intensiteli, konveks tübüler yapı görünümündedir. Sagittal kesitlerde diz nötral pozisyonda iken yay şekilde izlenir ve orta kesimi komşu meniskofemoral ligamanlar nedeniyle geniş olarak görülür. Kısa TE (eko zamanı) 'li sekanslarda sihirli açısı etkisi ile ligamanın orta kesiminde artmış sinyal izlenebilir. Yaşlılarda ÖÇB'de olduğu gibi mukoid veya miksoid dejenerasyon alanları izlenebilir (20).

Menisko-femoral ligamanlar; üçüncü kollateral ligaman olarak anılırlar. Bu ligamanlar menisküs arka boynuzundan başlar ve medial femoral kondilin lateral yüzeyine yapışır. AÇB ile olan ilişkilerine göre de anterior (Humphrey) ve posterior (Wrisberg) olarak adlandırılırlar. Wrisberg genellikle Humphrey ligamanından daha geniştir. Wrisberg % 60, Humphrey ise %30 oranında izlenir. Humphrey fleksiyonda, Wrisberg ise ekstansiyonda gerilidir(20).

Transvers ligaman ; medial ve lateral menisküslerin ön boynuzları arasında uzanır. Bu ligaman %58 oranında görülür.



### 2.2.3 Kas ve tendon yapıları:

#### a)Anterosüperior grup:

Kuadriseps femoris kası, uylugun tüm ön kompartmanını doldurmaktadır. Ekstansör mekanizmanın önemli elemanıdır. Siniri n.femoralis'tir. 4 başı vardır.

- Rektus femoris: İki başı vardır. Derin olan başı asetabulum kenarından, yüzeysel olan başı spina iliaka anterior superiordan başlar. Uyluk ön yüzündeki yüzeysel tabakayı oluşturur.
- Vastus lateralis, trokanter major, linea aspera ve lateral intermuskuler septumdan başlar. Distalde kuadriseps tendonunu oluştururken lateral retinaküler ligamana uzantılar verir.
- Vastus medialis, trokanterik çizginin alt kısmından başlar ve linea asperanın medial kısmına yapışır. Vastus medialis de medial intermusküler septuma yapışır. Medial retinaküler ligamana uzantılar verir.
- Vastus intermedius: Kuadriseps kasının en derin yerleşimli kısmıdır. Femurun ön yüzünü örter. Kuadriseps tendonuna katılırken vastus lateralis ile çok yakın ilişki içindeyken, vastus medialisten tümüyle bağımsızdır.

#### b)Posterolateral grup:

Bu grubu tensor fasya lata ve biceps femoris kası oluşturur. Bu iki kas hem kalça hem de diz eklemi kat eder.

Tensor fasya lata: Fusiform şekildeki bu kas, krista iliaka ön kısmına ve spina iliaka anterior süperiorun dış yüzüne yapışır. Distalde iliotibial banta karışır. Uyluğun fleksiyon, abduksiyon ve zayıf olarak da iç rotasyon hareketine yardımcı olur. İliotibial bant ve lateral intermuskuler septum vasıtasıyla dizin hareket ve stabilitesine de doğrudan etkisi vardır. Siniri n. gluteus süperior'dur

Biceps femoris kası: Uyluğun posterolateral yüzünde yer alır. Uzun başı iskiyal tüberkülden, kısa başı ise linea asperanın lateral dudağı, lateral suprakondiler çizgi ve lateral intermusküler septumdan köken alır. İki başı, diz eklemi üzerinde birleşerek

ortak bir tendon ile fibula başına yapışır. Yapışma yerinde dış yan bağ ile yakın komşuluğu ve anatomik ilişkisi vardır. Diz eklemine fleksiyon hareketi ve tibianın dış rotasyonunu sağlar. Bu kası n. iskiadikus innerve eder.

### **c)Posteromedial grup:**

Bu grupta her iki eklemi kat eden dört kas bulunmaktadır. Bunlar semimembranosus kası ve pes anserinusu oluşturan üç kastır.

Semimembranosus kası: Proksimalde iskiyal tüberkülden başlar, distalde ise medial tibial kondilin hemen altında ve posterolateral köşesinde sonlanır. Diz eklemine fleksiyon ve tibiaya iç rotasyon hareketi yaptırır. N. iskiadikus innerve eder.

Semitendinosus kası: İskiya tüberkülden köken alır. Uyluğun iç kenarında ve semimembranosus kası üzerinden distale uzanır. Pes anserinus'u oluşturarak tibianın antero-medialine yapışır. Yüzeysel iç yan bağ ile tendonu arasında bursa bulunmaktadır. N. iskiadikus innerve eder.

Sartorius kası: Spina iliaca anterior süperiordan köken alır ve uyluğun anterior kompartmanında, femoral aponözozun altında, lateralden mediale ve distale ilerler. Kısa ve geniş bir tendon ile pes anserinusun yapısına katılır. Siniri n.femoralis'tir.

Gracilis kası: Pubisten orjin alır. Uyluğun medial kompartmanında ve medial yüzü boyunca distale ilerler. Uyluğun 1/3 distal kısmında tendonlaşarak eklemde anteromedial yüzünde pesanserinus yapısına katılır. N. obturatorius tarafından innerve edilir.

### **d)Postero inferior grup:**

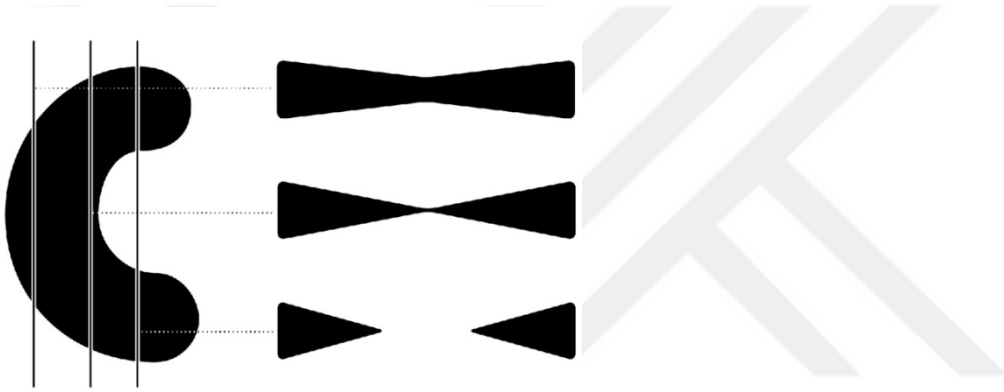
Gastrokinemius kası: Gastrokinemius kasının iki başı femoral kondillerin süpero-posterior kısımlarından köken alır. Popliteal fossayı örterek distalde soleus kasıyla birleşip triseps surae kasını oluştururlar. N.tibialis'ten innerve olur.

Plantaris kası: Gastrokinemius kası lateral başının yapışma yerinin hemen üstünden ve posterior oblik ligamandan köken alır. Distale doğru popliteal kas üzerinden ilerler. Uzun tendinöz kısmı aşil tendonun medialinden ilerleyerek kalkaneusa yapışır. N. tibialis

tarafından innerve edilir (25).

#### 2.2.4 Menisküsler:

Menisküsler;periferinde daha kalın ve orta kesiminde daha ince seyreden, yarımay şekilli, fibrokartilajinöz yapılardır. Femoral kondillerle tibial platolar arasındaki eklem yüzeylerinde bulunur. Tibianın proksimal kesimindeki artiküler yüzeyin genişlemesine ve derinleşmesine neden olarak femur kondilleriyle uyumlu olmasını sağlarlar(19). Gövdesinden geçen sagittal kesitlerde, kesitin nereden geçtiğine bağlı olarak değişen bir şekilde menisküs, uzamış ince bir dikdörtgen veya papyona benzemektedir (şekil 5)



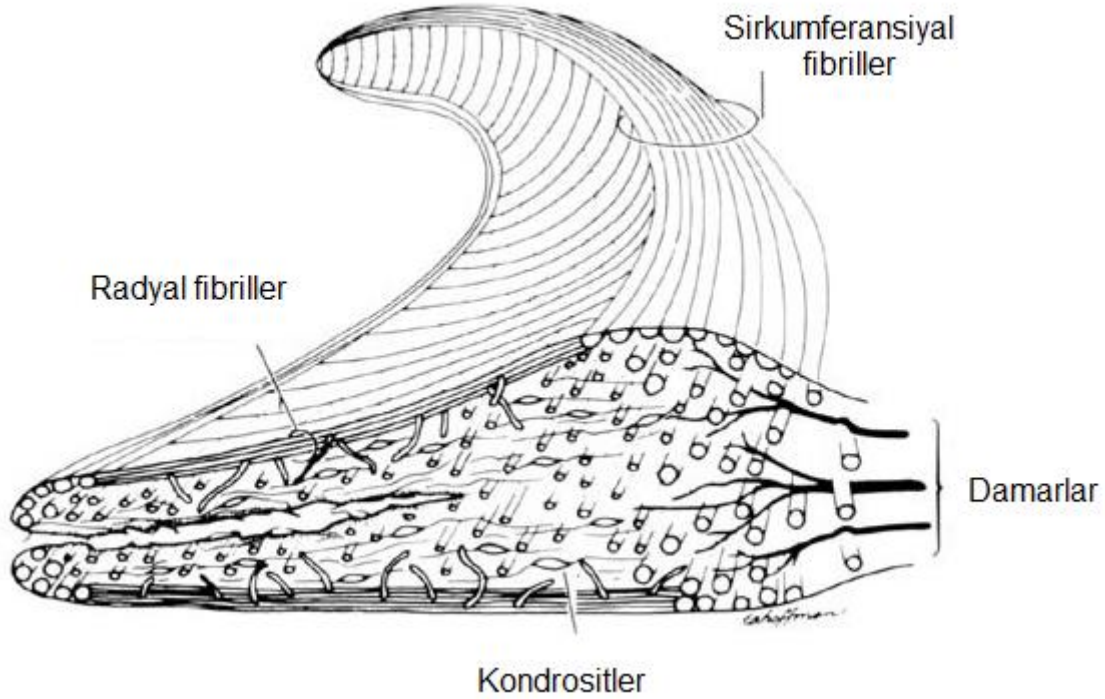
**Şekil 5:** Şematik olarak sagittal kesitte menisküs gövdesinin papyona benzer şeklinin demonstre edilmesi (34)

Menisküslerin şekilleri aynı değildir. Lateral menisküs, mediale oranla daha halkaya yakın görünümde olup ‘O’ harfine benzerken, medial menisküsün konveksitesi daha az olduğundan ‘C’ harfine benzemektedir. Medial menisküsün arka boynuzu genellikle ön boynuzdan daha büyük görünür. Lateral menisküsün ön ve arka boynuzları yaklaşık olarak aynı boylardadır. Her iki menisküsün arka boynuzu normal koşullarda hiç bir zaman ön boynuzdan daha küçük olamaz. Menisküslerin ön kesimleri anterior transvers meniskal ligamanla bağlantılıdır. Lateral menisküsün periferel yapışması zayıftır. Posteriorda popliteus tendonu ve kılıfı ile kapsülden ayrılır. Bu nedenlerle lateral menisküs, medial menisküse göre daha mobildir.

Menisküslerin biyokimyasal yapısı diğer bağ dokulara yakınlık gösterir. Menisküsler ekstrasellüler matriks açısından zengin, saçılmış tarzdaki hücrelerden oluşurlar. Menisküslerin doku dizilimleri matriks fibrokartilaj olarak açıklanmış olmasına rağmen fibröz kısımları kartilaj kısımlarına oranla daha hâkim durumdadır.

Ekstrasellüler matriksin % 60-70'i sudan oluşmaktadır. Meniskal dokunun makromoleküler çatısını ise kollajenler oluşturmaktadır. Tip 2, 3, 5 ve 6 kollajenler menisküs yapısına küçük miktarlarda katılırken, esas kollajen %90 katılım payı ile Tip 1'dir. Menisküsün kuru ağırlığının % 1-2'sini proteoglikanlar oluşturmaktadır. Proteoglikanlara bağlı bir şekilde bulunan glikozaminoglikanlar su moleküllerini bağlayarak dokunun kompresif özelliğini sağlarlar (35).

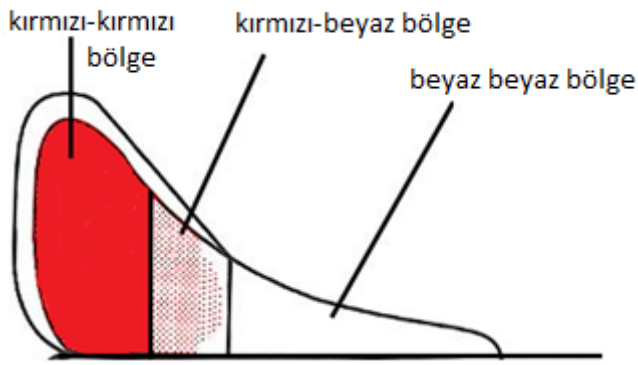
Menisküsler, fonksiyonlarına bağlı olmak üzere eşsiz bir kollajen düzenine sahiptirler. Yüzeysel tabakaları ince fibriller bir yapı şeklinde olup bu yapının altında rastgele düzenlenmiş kollajen dalları bulunmaktadır. Derin tabakalarda geniş çembersel fibriller, az miktarda ışınsal tarzda düzenlenmiş fibrillerle örülmüş şekilde bulunur.



Şekil 6: Menisküslerin fibriller yapısı (36)

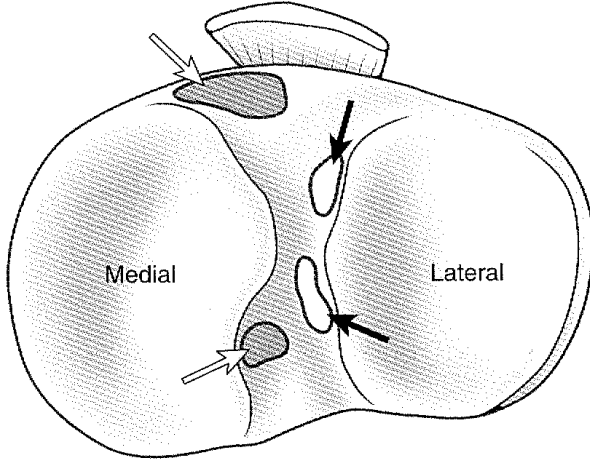
Dize aksiyal yüklenme olduğunda menisküs komprese olarak eklem merkezinden uzaklaşır. Bu uzaklaşma, aksiyal yüklenmenin çembersel kollajen liflerdeki gerginlik ve baskısının bir sonucu olarak gerçekleşmektedir. Menisküslerin tüm bu biyokimyasal kompozisyonu ve fibril mimarisi viskoelastik yapısını sağlamaktadır.

Normal menisküsler, tüm sekanslarda sinyalden yoksun olarak izlenirler ve vasküler yapıdan fakir, kontrastlı incelemelerde boyanma göstermeyen anatomik yapılardır. Çocuklar ve genç erişkinlerde istisnai olarak normal vaskülarite ile uyumlu, menisküslerin kapsüle yapıştığı alanda arka boynuzda orta derecede sinyal artımı izlenebilir. Bu görünüm menisküs dejenerasyonu ile karıştırılmamalıdır. Menisküslerin periferik kısmı düşük derecede de olsa kanlanmaktadır ve bu kısım kırmızı zon olarak adlandırılmaktadır. Santraldeki kanlanmayan beyaz zona oranla kırmızı zondaki yırtıklar kendini yenileyebilir. Kırmızı zonun menisküs volümüne oranı %15-30 arasında belirtilmektedir (37) (Şekil 7).



**Şekil 7:** Menisküsün bölgeleri (Arcnozky- Warren sınıflaması)

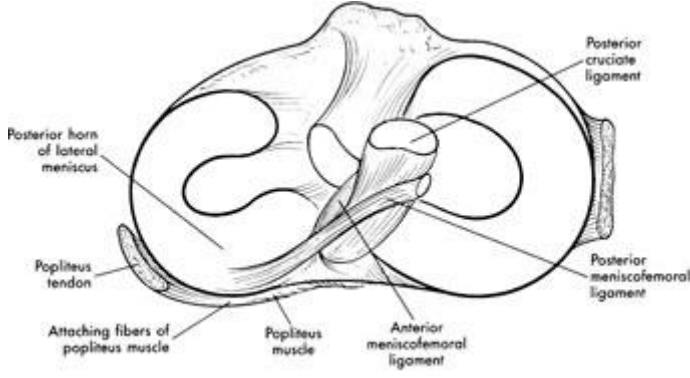
Menisküsler içte tibial medial eminense yapışmaktadır. Menisküslerin tibiaya yapışma yerlerinde anterior ve posterior kök ligamanleri mevcuttur(19).



**Şekil 8:** Tibianın proksimal yüzünün çiziminde lateral menisküsün (siyah oklar) ve medial menisküsün (beyaz oklar) yapışma yerleri (19)

Menisküslerin etrafında bazı ligamanlar mevcuttur. Ön çapraz bağ (ÖÇB), lateral menisküsün önüne uzanmaktadır. Posteriorda menisküsler meniskofemoral ligaman ve meniskotibial ligamanla kapsüle uzanmaktadır.

Posteriorda, arka çapraz bağın arkasında kalan meniskofemoral ligamana Wrisberg ligmanı, önde yer alana ise Humphrey ligmanı denir. Bu ligamanlar lateral menisküsün posterior boynuzu superior kesiminden köken alıp AÇB etrafında ön ve arkadan medial femoral kondile uzanmaktadır (şekil 9). Anatomik olarak oblik meniskomeniskal ligamanlar mevcut olabilir. Medial oblik meniskomeniskal ligaman, medial menisküsün anterior boynuzundan lateral menisküsün posterior boynuzuna uzanmaktadır. Lateral meniskomeniskal oblik ligaman ise lateral menisküsün anterior boynuzundan medial menisküsün posterior boynuzuna uzanmaktadır. Bu varyasyonlar nadir izlenmekte olup ayırıcı tanıda akılda tutulması gereken ligamanlardır (19).



**Şekil 9:** Anterior meniskofemoral (humphrey) ve posterior meniskofemoral (Wrisberg) ligamanlar (38)

### 2.2.5 Sinovya ve bursalar

Diz eklemi vücuttaki en büyük sinovyal boşluktur. Bu boşluk suprapatellar bursa, patellafemoral eklem ve tibiofemoral eklemi örten sinovyal dokudan oluşmaktadır. Sinovyal doku önde patella kenarına yapışıp alt kısmında aşağı doğru uzanarak infrapatellar yağ yastıkçığını örter, eklem kapsülünün iç kısmını döşer, interkondiler çentikte ÖÇB ve AÇB'yi örterek onları sinovya dışında bırakır. Sinovyal membran, femoral kondilleri iki yandan örterek medial ve lateral sinovyal resesleri oluşturur. Populasyonun %50'sinde medial sinovyal kavite ile gastroknemius medial başı altındaki bursa arasında bir ilişki bulunmaktadır. Sinovyal plikalar birçok dizde bulunabilen sinovyal bir doku artığıdır. Bu plikaların çeşitli nedenlerle kalınlaşması klinik belirtilerin ortaya çıkmasına yol açar. Diz ekleminde başlıca dört tip plika bulunabilir. Bunlar infrapatellar (lig.mukozum), suprapatellar, medial patellar ve lateral patellar plikalardır. Özellikle medial patellar plika semptomatik hale gelip "plika sendromu"na yol açabilir (39).

Diğer yerlerde olduğu gibi diz çevresindeki bursaların fonksiyonu da yüzeyler arasındaki sürtünmeyi azaltmaktır. Diz eklemi çevresinde, yüzeysel ve derin olarak yerleşmiş birçok bursa bulunmaktadır (40).

Dizdeki önemli bursalar:

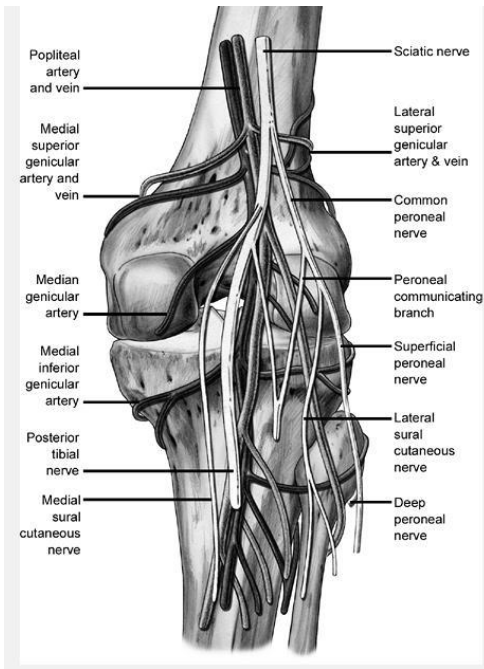
- Prepatellar bursa
- İnfrapatellar bursa(cilt altı, derin)
- Popliteal bursa

- Suprapatellar bursa
- Pes anserinus bursası
- Dış yan bağ ve eklem kapsülü arasındaki bursa
- Yüzeysel pretibial bursa
- İç yan bağın yüzeysel ve derin tabakaları arasındaki bursa

### 2.3 Diz Eklemine Kanlanması

A.femoralis adduktor (Hunter) kanaldan çıktıktan sonra A. poplitealis adını alır. Popliteal fossada ilerledikten sonra M. popliteus'un alt kenarında ikiye ayrılır, A. tibialis anterior ve posterior olarak devam eder. Popliteal fossada A. poplitealis çok sayıda m. muskuler dal ve beş tane artiküler dal verir. Bunlar A. superior medialis genu, A. superior lateralis genu, A. inferior medialis genu, A. inferior lateralis genu ve A. media genu'tur (Şekil 10).

Orta genikuler arter popliteal arterin önünden çıkar, posterior oblik ligamandı delerek eklem içi yapıları ve çapraz bağları besler. Patella genikulate arterlerin yapmış oldukları pleksustan beslenir. Besleyici arterler patellaya önden ve alt kenardan girerler. Alt ekstremitenin derin venlerinden tibialis anterior ve posterior venleri birleserek popliteal veni oluşturur. Popliteal fossada safen ven popliteal venin yapısına katılır. Popliteal ven popliteal fossadan sonra femoral ven olarak devam eder.



Şekil 10: Diz eklemine kanlanması ve sinirleri (41)



## 2.4 Diz Eklemine İnnervasyonu

Siyatik sinir, iskial tuberkül ve büyük trokanter arasından geçerek uyluk bölgesine girer. Popliteal fossaya girmeden önce medial popliteal sinir (n.tibialis) ve lateral politeal sinir (n.peroneus communis) adında iki dala bölünür. Bacak kaslarının motor dalları bu sinirler ve uç dalları tarafından oluşturulur. Medial popliteal (n.tibialis) sinir, biceps femoris kasının uzun başı ile seyrederek popliteal fossaya girer. Popliteal kası çaprazladıktan sonra gastroknemiusun iki başı arasından soleus kasının derinlerine ilerler ve medial malleolun arka tarafında medial ve lateral plantar sinirlere dallanarak sonlanır. Lateral politeal sinir (n.peroneus communis), popliteal fossada biceps kasının medial sınırı ve gastrokinemiusun lateral başının arasında seyrederek. Fibula boynunu dolandıktan sonra peroneus longusun altında derin ve yüzeysel olmak üzere iki dala ayrılır. Lateral popliteal sinirin traksiyon ve dış menisküs tamiri sırasında yaralanma ihtimali çok fazladır.

Kutanöz sinirler arasında en önemli olanları safen ve sural sinirlerdir. Safen sinir, femoral sinirin devamı olup sartorius ve grasilis tendonları arasında diz medialinde cilt altında yüzeyleşir. Safen sinir, bacağın ve ayağın medialinin yüzeysel duyusunu verir. Sural sinir, medial popliteal (n.tibialis) ve lateral politeal (n.peroneus communis) sinirlerin kutanöz dalları tarafından oluşur(25,42)

## 2.5 Menisküs Varyantları ve Patolojileri

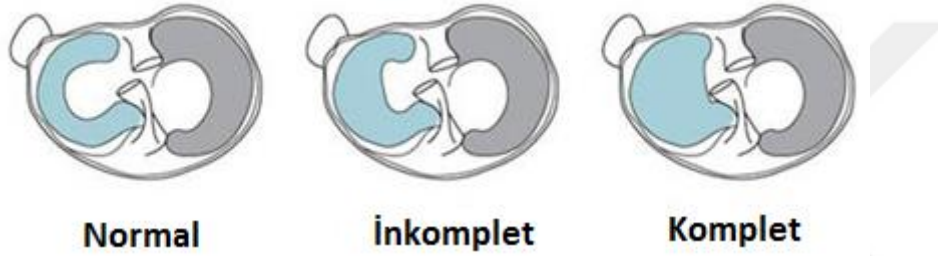
### 2.5.1 Menisküs varyantları:

Menisküs varyantları arasında diskoid menisküs, halka lateral menisküs, meniskal osikül ve oblik meniskomeniskal ligaman yer alır. Menisküs patolojileriyle karışabilecek menisküs varyantlarının MR görüntüsünü bilmek önemlidir (43).

#### 2.5.1.1 Diskoid menisküs:

Normal menisküs C şeklindedir ve kesitsel görüntülemeye üçgen şeklinde görülürken diskoid menisküste menisküs tibianın eklem yüzeyine doğru daha çok uzanır ve normalden büyük ve kalındır. Watanabe sınıflamasına göre komplet ve inkomplet olmak üzere iki

çeşittir (şekil 11). Diskoid menisküs lateral menisküste, medial menisküse oranla 10-20 kat daha sık görülür. Bu varyasyonun diz hareketlerini engelleme ve kolay yırtılma riski mevcuttur. Komplet diskoid menisküs MR görüntülerinde kolaylıkla fark edilebilir. Menisküsün süperior ve inferior yüzeyleri birbirine paraleldir ve disk şeklinde eklem içine, çentiğe kadar uzanırlar. İnkomples diskoid menisküs trapezoid şeklindedir. Menisküsün tek boynuzu etkilenebilir ya da tibianın eklem yüzüne kısmen uzanırlar. Menisküsün normalde gövde kesimindeki genişliği 13-14 mm' yi geçmemektedir. Orta hat koronal kesitte ölçüldüğünde eklem yüzeyine doğru 14 mm'den fazla uzanıyorsa inkomples menisküs tanısı konur (44).



**Şekil 11:** Komplet ve inkomples diskoid menisküs (45)

MR değerlendirmesinde 5 mm kalınlığındaki 2 kesitten daha fazla menisküsün papyon şeklinde gözükmesi diskoid menisküs tanısı için sık kullanılan kriterlerden biridir. Wrisberg tipi diskoid menisküste, menisküs kapsüle yapışmayıp Wrisberg ligamanine yapışmaktadır.

#### **2.5.1.2 Halka lateral menisküs :**

Halka lateral menisküs nadir bir meniskal varyanttır. Bu durumda lateral menisküs komplet halka şeklindedir (46). Halka medial menisküs ise çok nadir bir durumdur. Günümüze kadar sadece bir vaka rapor edilmiştir (47). Çentik komşuluğunda meniskal doku olduğu için MRG'de deplase meniskal fragmanla karışır. Halka menisküste eklem santral kısmında menisküsün üçgen şekli korunmuştur ve menisküste defekt yoktur.

#### **2.5.1.3 Meniskal osikül :**

Menisküs içerisinde fokal osifikasyon alanının bulunmasıdır. Sıklıkla medial menisküsün

arka boynuzunda görülür. Meniskal osiküller asemptomatik olabileceği gibi kitle etkisine veya eşlik eden yırtığa bağlı semptomlara neden olabilir. Meniskal osiküller nadirdir. 1287 diz MRG'siyle yapılan bir çalışmada meniskal osikül oranı %0.15 bulunmuş . Bu çalışmada meniskal osiküllerin yüzde doksanı erkeklerde görülmüş ve sadece üçte birinde eşlik eden yırtık saptanmış (48). Bu osiküllerin posttravmatik olduğu düşünülmektedir. Osiküller santral yağlı kemik iliği içerebilirler ya da homojen olarak kalsifiyedirlir (43).

#### **2.5.1.4 Oblik meniskomeniskal ligaman:**

Bazı kişilerde bir menisküsün ön boynuzundan diğer boynuzun arka boynuzuna uzanan ligaman mevcuttur. Ligamanın anteriordaki yapışma yerine göre medial ve lateral oblik meniskomeniskal ligaman olarak adlandırılırlar. Prevalansı %1-4 arasındadır (49). MRG'de ortada bulunan bu düşük sinyal intensiteli yapı deplase meniskal fragmanla karışabilir. Bu ligamanın bütünlüğünün görülmesi ve dizin hem medial hem de lateral kompartmanlarında bulunmasıyla deplase yırtıktan ayrılır (43).

#### **2.5.2 Menisküslerin anormal sinyalleri:**

Anormal menisküsler için çeşitli sınıflama şemaları vardır. Ancak bunlar çok yaygın kullanılmamaktadır çünkü esas yırtık açısından önemli olan anormal sinyalin artiküler yüzeye uzanım olup olmadığını gösteren sınıflamalardır. İntrasubstans veya miksoid dejenerasyonlarda da anormal sinyalin artiküler yüzeye uzanımı izlenmez. Miksoid dejenerasyonların nedeni tam olarak bilinmemekle beraber yaşa ve yıpranmaya bağlı nedenlerle olduğu düşünülmektedir. Her zaman semptomlara neden olmamakta ve yırtık gelişimine zemin hazırladığına dair veri bulunmamaktadır (50).

#### **2.5.3 Menisküs yırtıkları:**

Menisküs patolojileri içerisinde en sık görülen menisküs yırtıklarıdır. Menisküs yırtıkları, insidental olarak tespit edilebileceği gibi çok değişik klinik bulgularla kendini gösterebilir. En sık bulgusu diz ağrısı ve hareket kısıtlılığıdır. Menisküslerin sinir innervasyonu, kanlanmasına benzer şekilde periferde daha fazladır. Erişkinlerde görülen kronik

yırtıklarda innervasyonu olan sinoviyumun meniskal yırtık içine herniye olması ağrıya neden olur (19).

Menisküsün şekil ve büyüklüğünde oluşan değişiklikler ya da menisküs içerisinde anormal sinyal alınması ile tanınır. Menisküs içindeki eklem yüzeyi ile ilişki göstermeyen fokal yüksek sinyaller, histolojik olarak kollajen demetlerindeki artışı göstermektedir ve bu olay mikroskopik düzeyde mukoid veya miksoid dejenerasyonu temsil etmektedir (51).

### ***2.5.3.1 Menisküs yırtıklarının patogenezi:***

Menisküs yırtıkları iki katogride sınıflanabilir; travmatik yırtıklar ve dejeneratif yırtıklar. Travmatik yırtıklar normal menisküse uygulanan aşırı derecede yüklenme sonucu gelişir. Dize yük uygulandığı zaman menisküsün periferik kısımları zorlanır. Menisküs lifleri radyal doğrultuda sıkışarak yüke karşı direnç gösterir. Bu sıkışma menisküsün dayanma kapasitesini aştığında yırtık meydana gelir. Başlangıçtaki çatlama radyal yönde gelişir ama sirküferansiyal kollajen lifleri yırtığın radyal yönde uzamasını engeller. Bu nedenle vertikal yırtık oluşur ve genelde longitudinal yönde uzanır.

Dejeneratif yırtıklar ise dejeneratif değişiklik gösteren menisküse uygulanan normal kuvvetler sonucu oluşur. Bunlar tipik olarak horizontal yırtıklardır ve genelde menisküslerin posterior yarımalarında görülürler.

Dejeneratif yırtıklar genellikle osteoartritin de eşlik ettiği yaşlı kişilerde görülür. Menisküslerdeki dejeneratif değişiklikler; fibrilasyon, fibrokondrosit nekroz ve proliferasyonu ve matriks proteinlerinin dayanıklılığında kayıp şeklinde sınıflandırılabilir. Bu değişiklikler menisküsü normal strese karşı daha dayanıksız hale getirir. Kümülatif olarak oluşan stres sonucu da menisküsün bütünlüğü bozulur (19).

### ***2.5.3.2 Evreleme :***

Yaş ilerledikçe menisküslerin sinyal yoğunluklarında artış görülür. Bu sinyal yoğunluğundaki değişiklikler artroskopide her zaman görülmez. Bu nedenle menisküs lezyonlarının MR görüntüsü evrelere ayrılmıştır (52).

**Evre 0:** MRG'de homojen, hipointens sinyal karakterinde normal menisküs

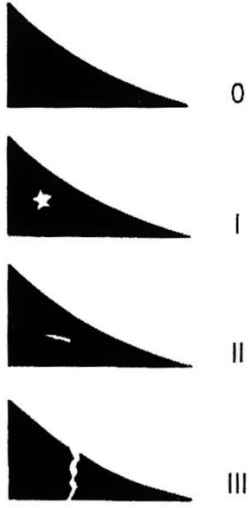
**Evre 1 dejenerasyon:** Menisküsün iç yapısında, eklem yüzeyleri ile ilişkisi olmayan yüksek sinyal alanı izlenir. Bu sinyal alanları punktat şeklindedir. Histopatolojik karşılığı erken mukoid dejenerasyondur.

**Evre 2 dejenerasyon:** Menisküsün iç yapısında horizontal düzlemde gelişmiş lineer yüksek sinyal intensite alanı izlenir. Bu yüksek sinyal alanı menisküsün eklem yüzeyleri ile ilişkili değildir. Evre 1 dejenerasyonun histopatolojisinde tanımlanan mukoid dejenerasyon alanlarının genişlemesi ve lineer kalın demetler şeklini alması söz konusudur. Diz MR görüntülerinde çok sık rastlanan bu tip dejenerasyon daha öncelerde intrasubstans yırtık veya menisküs içi (intrameniskal) yırtık adları ile anılırdı. Ancak bu tip bir dejenerasyon gerçek bir menisküs yırtığı olmamakla birlikte, menisküsün eklem yüzlerine ulaşmadığı için artroskopik incelemede genelde görülemez.

**Evre 3A yırtık:** Menisküsün iç yapısında izlenen doğrusal veya oblik sinyal artışları menisküsün alt veya üst eklem yüzeyi ile ilişkilidir. Bu tip yırtıklar menisküs yüzeyine ulaştıkları için artroskopi ile görülebilirler. Bu yırtıklar, genellikle medial menisküs arka boynuzunda oluşan, oblik bir seyir göstererek arka boynuz serbest köşesine gelmeden alt eklem yüzeyine ulaşan yırtıklardır. Bu tip yırtıkların özelliği sıklıkla asemptomatik olmalarıdır.

**Evre 3B yırtık:** Menisküsün iç yapısında alt ve üst eklem yüzeyleri ile ilişkili yüksek sinyal alanları izlenir. Sadece bir eklem yüzeyi ile fakat eklem yüzeyine ulaşan bölümü çok geniş olan yırtıklar evre 3B olarak kabul edilir. Tüm yırtıklar artroskopi ile rahatlıkla görülür.

**Evre 4:** Menisküste parçalanma ve şekil bozukluğu vardır.



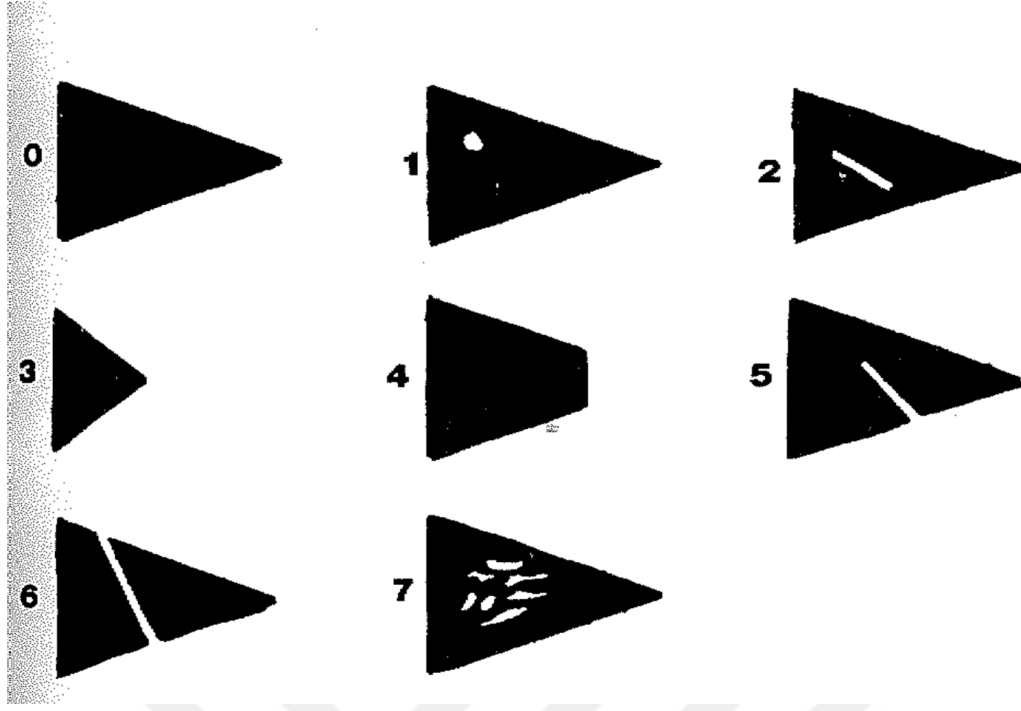
**Şekil 12:** Menisküs sinyallerinin evrelemesi (53)

Mesgerzadeh ve arkadaşları intrameniskal sinyallerini genişletilmiş olarak tekrar sınıflamıştır. Evre 1 ve 2 dejenerasyon önceki sınıflamayla aynıdır. Evre 3 kısa menisküs evre 4 kopmuş menisküs olarak sınıflanmıştır. Daha önceki sınıflama da evre 3 olarak kabuk edilen grubu 3 yeni evreye sınıflandırmıştır.

Evre 5 : tek bir meniskal yüzeye uzanan sinyal değişikliği

Evre 6: iki meniskal yüzeye de uzanan sinyal değişikliği

Evre7 : Eklem yüzeyine uzanan ya da uzanmayan irregüler paterndeki sinyal değişiklikleri  
(19)



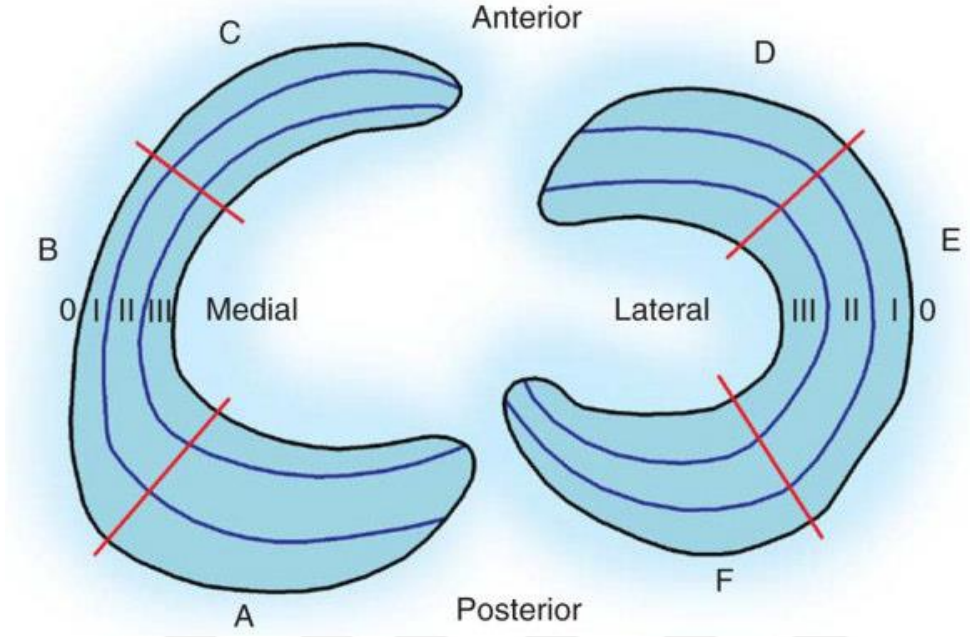
**Şekil 13:** Mesgerzadeh ve arkadaşları tarafından yapılmış menisküs sinyallerinin genişletilmiş evrelemesi (19)

### **2.5.3.3 Menisküs yırtık tipleri:**

Menisküs yırtıkları etyolojisine, yırtık tipine, damarlanmasına ve lokalizasyonuna göre sınıflandırılabilir. Etiyolojiye göre normal menisküsün travmaya uğraması sonucu oluşan akut yırtıklar ya da anormal menisküse normal yüklenmeler sonrasında oluşan dejeneratif yırtıklar olarak ayrılabilir. Vertikal meniskal yırtıklar genç hastalarda travmatik lezyonlarda ortaya çıkma eğilimindedir. Horizontal yırtıklar yaşlı hastalarda daha uzun zamanda ortaya çıkan daha çok dejeneratif lezyonlardır.

Yırtık tipine göre; horizontal vertikal, oblik, radyal, deplase flep tarzı, kova sapı, kompleks olarak tanımlanabilir (tablo 1) (şekil 16).

Cooper tarafından yapılan sınıflamada menisküsler arka, orta ve ön olarak 3 kısma ayrılır. Medial menisküsün arka bölümünden başlayarak saat yönünde A'dan F'ye kadar isimlendirilir (şekil 14). Meniskokapsüler bileşken de merkeze doğru üç bölgeye ayrılır (54).

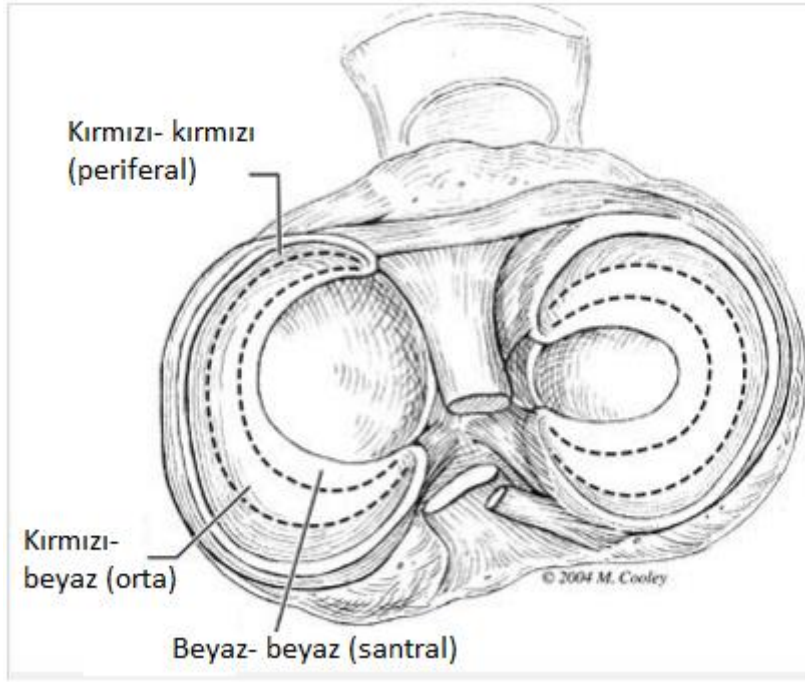


**Şekil 14:** Cooper tarafından tanımlanan zonlar (55)

Damarlanma özelliklerine göre ise menisküs yırtıkları 3 bölgede incelenebilir (Şekil15).

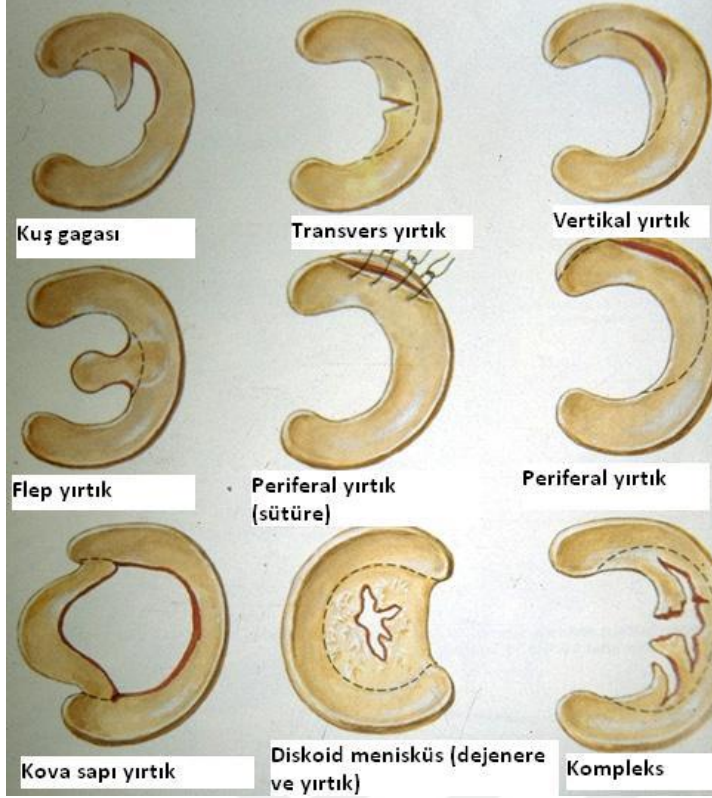
- 1.Kırmızı-kırmızı bölge: Yırtığın her iki tarafının da damarlı olduğu, iyileşmede sorun beklenmeyen meniskokapsüler birleşmeden 3 mm'ye kadar olan kısım.
- 2.Kırmızı-beyaz bölge: Yırtığın bir tarafının damarlı olduğu iyileşme oranının daha düşük olduğu bölgedir. Meniskokapsüler birleşmeye 3-5 mm arası mesafede bulunan kısım.
- 3.Beyaz-beyaz bölge: Yırtığın her iki tarafının da damarsız olduğu iyileşme şansının düşük olduğu bölgedir. Meniskokapsüler birleşmeye 5mm'den fazla uzaklıktadır.





Şekil 15: Arcnozcky ve Warren tarafından tanımlanan üç bölge (56)

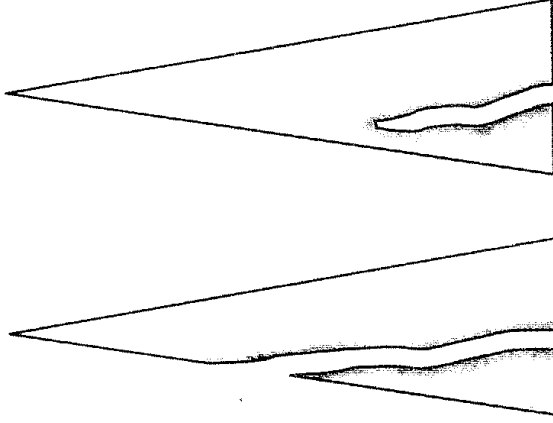
Tablo 1 : Menisküs yırtık tipleri	
•	Horizontal
•	Vertikal
○	Flep
○	Kova sapı
•	Periferal
•	Deplase
•	Radyal (papağan gagası)
•	Meniskokapsüler seperasyon



**Şekil 16:** Menisküs yırtığı şekilleri (57)

*Horizontal oblik yırtıklar:*

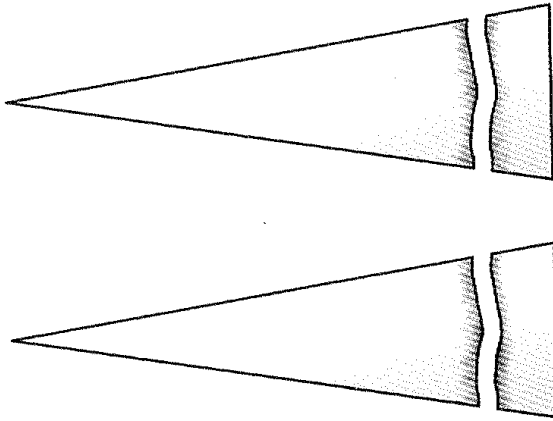
Horizontal yırtıklar ipsilateral femorotibial kompartmanda oosteroartrozis olan yaşlı kişilerde görülür ve dejenerasyonla ilişkilidir. Tipik olarak yırtık menisküsün iç marjini veya apeksi etkiler ve farklı boyutlarda dış marjine doğru uzanım gösterir. Bazen dış marjine kadar ulaşır. MRG'de sagittal ve koronal planlarda horizontal konfigürasyonda görülür (şekil 17). Eğer yırtık menisküsün inferior veya süperior eklem yüzeyine uzanıyorsa MRG'de kısmen oblik görünüme neden olur (19). Daha sık olarak medial menisküs arka boynuzunda alt eklem yüzeyine uzanan yırtıklardır



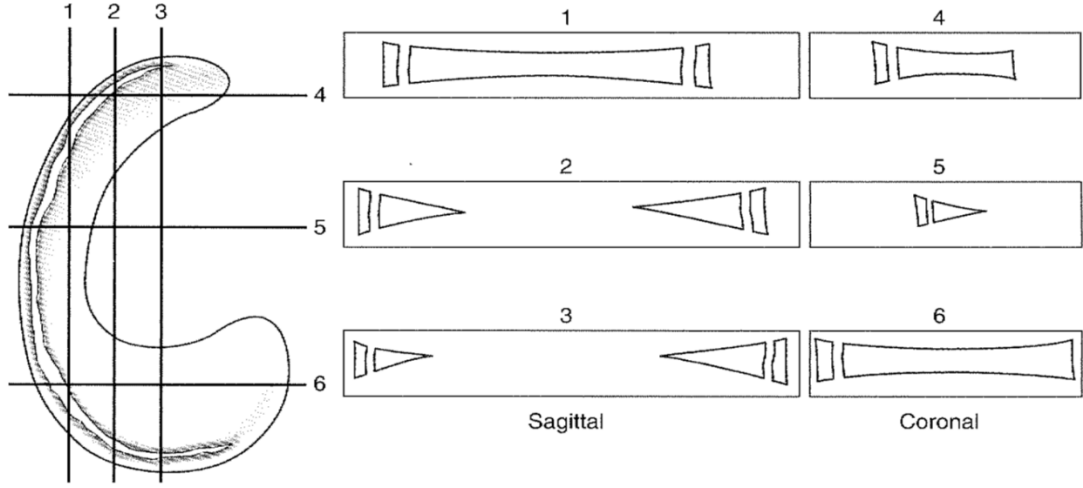
**Şekil 17:** Horizontal oblik menisküs yırtığı (19)

*Vertikal yırtıklar:*

Vertikal yırtıklar daha çok menisküsün dış yarısında görülürler ve genelde medial menisküsün arka boynuzunda olurlar. Bu yırtık tipi sıklıkla travmalardan sonra gelişir. Longitudinal sirküferansiyal kollajen fibrillerine paralel olarak uzandıklarından menisküsün eklem yüzeyine göreceli olarak dik açıda görünürler (şekil18). Sagittal ve koronal görüntülerin ikisinde de menisküsün dış marjinine eşit uzaklıkta görünürler (şekil 19) (19).



**Şekil 18:** Vertikal menisküs yırtığı (19)



**Şekil 19:** Vertikal menisküs yırtıklarının sagittal ve koronal planlarda görünüşü (19)

Kova sapı yırtığı, ana menisküsten bir segmentin ayrılıp kopmadan deplase olması şeklindedir ve bunlar da vertikal yırtık olup menisküs yırtıklarının yaklaşık % 10' unu oluşturmaktadır (58).

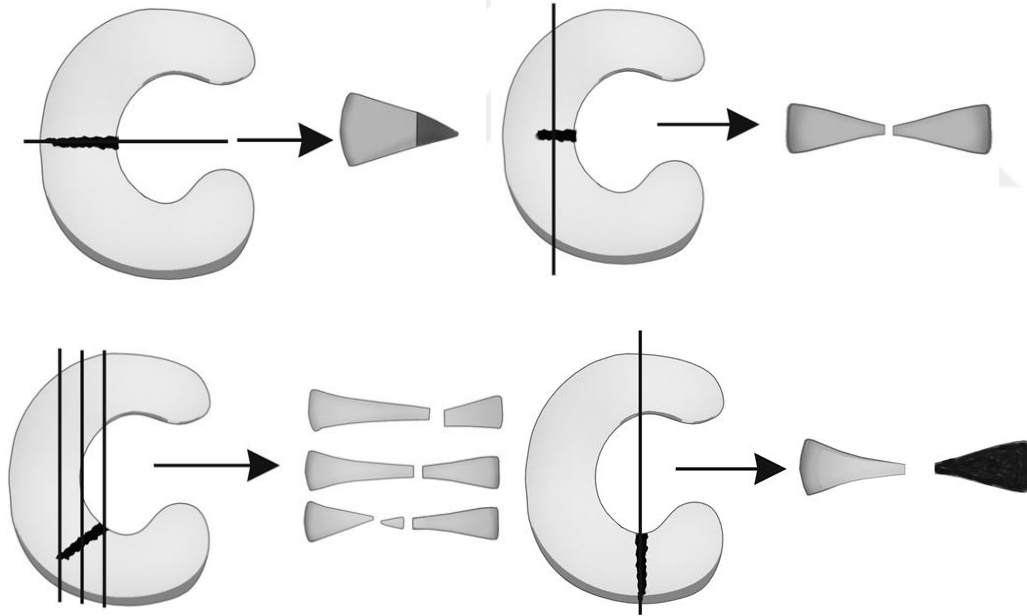
Kova sapı yırtığı deplase meniskal yırtıkların sık bir türüdür. Bu yırtık tipinin üç temel özelliği vardır. Bunlar; 1. Periferal longitudinal vertikal meniskal yırtık 2. Yırtık menisküsün içteki parçasının santral migrasyonu 3. Periferal ve santral parçaların yırtık anterior ve posteriorunda devamlılık göstermesi. Bu üç özellikten birinin olmaması durumunda kova sapı yırtığından uzaklaşılır. Kova sapı yırtığı terimi yırtığın gross görüntüsünden esinlenerek konulmuştur. İçerdedeki deplase olan meniskal parça sap şeklinde periferdeki nondeplase parça ise kova şeklinde görülür (19).

Kova sapı tipinde yırtıkta, yırtılan menisküs parçası tamamen kopmadan longitudinal olarak ana meniskal parçadan ayrılır. MRG'de kova sapı yırtığın tanısında birçok kriter göz önüne alınmıştır. Tanıda en yararlı bulgulardan biri normal menisküste görülen papyon şeklinin kaybolmasıdır. Bununla beraber eklem aralığında deplase menisküs fragmanı görülebilir. Bu durumda kova sapı yırtığı tanısına daha çok yaklaşılır. Yırtık sagittal görüntülerde değerlendirilirken, deplase meniskal parça arka çapraz bağ (AÇB) önünde yer alıyor ise "çift AÇB" işareti, etkilenen menisküsün anterioruna yer değiştirmiş ise "çift delta" işareti gibi bazı bulgulara yol açmaktadır. Menisküste tipik papyon görüntüsünün bulunmaması sadece kova sapı yırtıkta görülen bir bulgu değildir. Ayrıca post-operatif

menisküste, menisküsün küçük olmasında, deplase meniskal yırtıklarda da görülür. Halka şeklindeki anatomik menisküs varyantı ya da kıvrılmış menisküs yanlışlıkla kova sapı yırtık yorumlarına yol açmaktadır.

#### *Radyal yırtıklar:*

Radyal yırtıklar MR görüntüleme de en zor tanı konan yırtık tipidir. Menisküsün serbest köşesinden başlayıp menisküs içine doğru uzanırlar. Radyal menisküs yırtığına bakarken menisküste silik görünüm, menisküsteki kleft, yırtık bölgesinde trunkasyon ve birden fazla kesitte yırtığın adım adım ilerlemesi tanı da yardımcı bulgulardır (58) (şekil20). Menisküsün papyon görünümünün kaybolması ve kısalmış menisküs radyal yırtıklarda da izlenen bir bulgudur. Kova sapı yırtıktan ayrımı, arada kalan boşluğun daha küçük olması ve deplase fragman izlenmemesiyle yapılabilmektedir.



**Şekil 20:** Radial meniskal yırtıkların saptanmasında dört işaretin şematik diagramı (59)

Radyal yırtıklar en sık medial menisküsün arka boynuzunda ve lateral menisküsün gövde – ön boynuz bileşiminde görünürler. Medial menisküsün arka boynuzundaki radyal yırtıklar, koronal görüntülerde meniskal yüzeyle bağlantılı vertikal kleft alanı görülmesiyle ve

sagittal görüntülerde kesilmiş veya silinmiş menisküs olmasıyla tanınır.

Lateral menisküsteki radyal yırtıkların oblik oryantasyonu nedeniyle MRG'de saptanması zordur. İnce kesit kalınlığındaki MR görüntülerinin tüm meniskal yırtık tiplerini daha kolay saptadığı raporlanmıştır.

Yırtılmış menisküs parçaları yer değiştirdiğinde bu parçaya flep denir. Radyal yırtıklarda genelde flep oluşmaz. Ancak oblik radyal yırtıklarda serbest köşe flebi oluşur. Flebin artroskopik görüntüsü kıvrık bir gagaya benzediği için bu yırtık tipine papağan gagası yırtığı denmiştir. Bu terim artroskopi raporlarında kullanılır, MR görüntüleme bu terimi kullanmamak gerekir (43).

#### *Deplase flep yırtıkları :*

Deplase menisküs yırtıkları, potansiyel olarak atlanabilecek yırtık çeşitleridir. Bu yırtıklarda meniskal defekti görmenin yanı sıra yırtılan fragmanın yırtık alanından uzağa deplase olması söz konusudur. MRG'de fragmanın lokalizasyonu tespit etmek önemlidir. Koronal ve sagittal MR görüntülerinde görülen kısalmış menisküs görüntüsünün nedeni sıklıkla deplase flep yırtıklarıdır. Bu görünüm ayrıca radyal yırtıklarda, parsiyel menisküs rezeksiyonu durumlarında da görülür. Medial menisküsteki deplase yırtıkların üçte ikisinde deplase fragman eklemin posterior kısmında AÇB'ye yakın yerleşimli veya AÇB'nin arkasında görülür. Kalan vakalarda ise medial menisküsün gövdesinin alt kısmında inferior reseste yerleşir (60,61)

Lateral menisküste görülen deplase yırtıklar menisküs gövdesinin resesleriyle eklemin arka kısmına eşit sıklıkta deplase olurlar. Posteriora deplase olan yırtıklar genelde popliteal hiatusa uzanırlar(43).

#### *Meniskokapsüler seperasyon:*

Menisküs dış kısmında meniskosinovyal birleşim yerindeki yırtıklara meniskokapsüler seperasyon denmektedir. Bu patolojinin MRG'de tanı oranı intrameniskal yırtıklara oranla daha düşüktür (62,63). Bunlar artroskopik olarak tedavi edilebileceği gibi kendiliğinden de iyileşebilmektedir. Medial menisküsün medial kollateral ligamane (MKL) bağlandığı

yerdeki fasiküller normalde menisküs komşuluğundaki sıvının bu aralığa geçmesini engeller. Bu nedenle sağlıklı bireylerde MKL ile medial menisküs arasında sıvı görülmez. MKL ile menisküs arasında lokal sıvı görünümü mevcut ise meniskokapsüler seperasyonu düşünmek gerekir. Meniskokapsüler seperasyon, periferal menisküs yırtığı gibi travma sonrası özellikle de medial tibial plato ve femoral kondildeki kontüzyonların olduğu hastalarda daha sık görülmektedir.

Medial menisküsle MKL arasındaki mesafenin arttığı meniskokapsüler seperasyonun ayırıcı tanısında; komşuluğunda bulunan MKL'nin yırtığı, parameniskal kist ve eklem içi sıvı yer alabilir. Demaesner ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada MKL orta kesimiyle menisküs arasındaki mesafe 1.5 mm'dir. 2 mm'yi geçen ve başka bir nedeni olmayan mesafe artışı meniskokapsüler seperasyon kriteri olarak belirlenmiştir (62).

Lateral menisküste meniskokapsüler seperasyon daha seyrek gözükmeyle birlikte özellikle ÖÇB yırtığı gibi lateral kompartmanın kontüzyona uğradığı durumlarda görülmektedir. Lateral menisküs medial menisküse oranla daha labildir. Posterior eklem kapsülüne popliteal meniskal fasiküllerle bağlanmaktadır. Bunların yırtılması ya da izlenmemesi meniskokapsüler seperasyon ve posterior köşe yırtığı açısından anlamlıdır.

Superior popliteal meniskal fasiküllerin yırtık olması lateral menisküs arka boynuz patolojisi açısından anlamlı olabilir. Ayrıca posterior perikapsüler ödem izlenmesi de lateral menisküs arka boynuzunda yırtık ya da meniskokapsüler seperasyon açısından destekleyici bir bulgu olarak belirtilmiştir (50). Ancak daha spesifik olan bulgu "corner sign" olarak adlandırılan fakat ender olarak görülen menisküsün kapsüler köşesinde küçük bir yırtığın varlığıdır. Diğer bulgular ise perimeniskal sıvı, menisküs dış konturunda düzensizlik, meniskotibial-meniskofemoral ligamanlarda ekstensiyon yırtığı, menisküs ve MKL arasında yer değiştiren kontrastlanmadır (64,65). Lateralde kapsülle menisküs arasındaki mesafenin 3 mm'nin üzerinde olması meniskokapsüler seperasyon açısından anlamlıdır (65).

#### *Kompleks yırtık :*

Kompleks menisküs yırtıkları birden fazla planda uzanan menisküste farklı flepler oluşturan yırtıklardır. Bir çok menisküs yırtığında ana yırtık dışında ikinci plana uzanan küçük bir komponent daha görülebilir. Bu durum kompleks yırtık olarak adlandırılmaz.

Kompleks yırtıkta, yırtık ileri derecede distorsiyonudur ve multipl lineer sinyaller şeklinde görülür.

#### **2.5.3.4 Meniskal yırtıkların indirekt bulguları :**

Menisküste görülen yüksek sinyalli yırtık dışında; meniskal yırtıkla ilişkili iki farklı MR bulgusu daha vardır. Bunlar; menisküs çevresindeki kemik iliği ödemi ve parameniskal kist varlığıdır. MR görüntüsünde bu bulgular görüldüğünde menisküsler yırtık açısından dikkatle değerlendirilmelidir (43).

#### **Parameniskal kistler:**

Menisküs periferinde müsinoz materyalin birikmesidir. Lateralde mediale göre daha sık görülür. Çoğunlukla menisküsteki miksoid dejenerasyon ve horizontal yırtıklara eşlik eder. Etyolojisinde, eklem sıvısının horizontal yırtığa oradan da kistik kaviteye uzadığı düşünülmektedir. MRG'de menisküsle ilişkili oval bir kist şeklindedir (20).

#### **2.5.3.5 Postoperatif menisküs:**

Total menisektomiden sonra 6 hafta ile 3 ay arasında menisküse ait alanda fibröz rejenerasyon olur. Bu alan normal menisküse göre daha dar ve incedir.

## **2.6 Manyetik Rezonans Görüntüleme**

Manyetik rezonans görüntüleme (MRG) manyetik bir alanda, elektromanyetik radyo dalgalarının vücuda gönderilmesi ve vücuttan dönen sinyallerin işlenerek görüntüye dönüştürülmesi temeline dayanan bir görüntüleme yöntemidir. Manyetik rezonans fizik prensipleri 1946 yılında Bloch ve Purcell tarafından tanımlanmıştır. Görüntüleme yöntemi olarak ise ilk kez 1971 yılında Lauterbur tarafından kullanılmıştır (66). MRG yumuşak doku kontrast çözümüleme gücü en yüksek olan radyolojik görüntüleme yöntemidir. MRG cihazı; manyetik alanı sağlayan ana magnet, gradient sargılar, radyofrekans sargılar ve bilgisayar olmak üzere 4 temel parçadan oluşur. MRG multiplanar görüntüleme imkanı sağlaması, yumuşak doku çözünürlüğünün daha yüksek olması, iyonize radyasyon kullanmaması gibi özellikleriyle diğer görüntüleme yöntemlerinden ayrılır.



### 2.6.1 Fizik prensipler

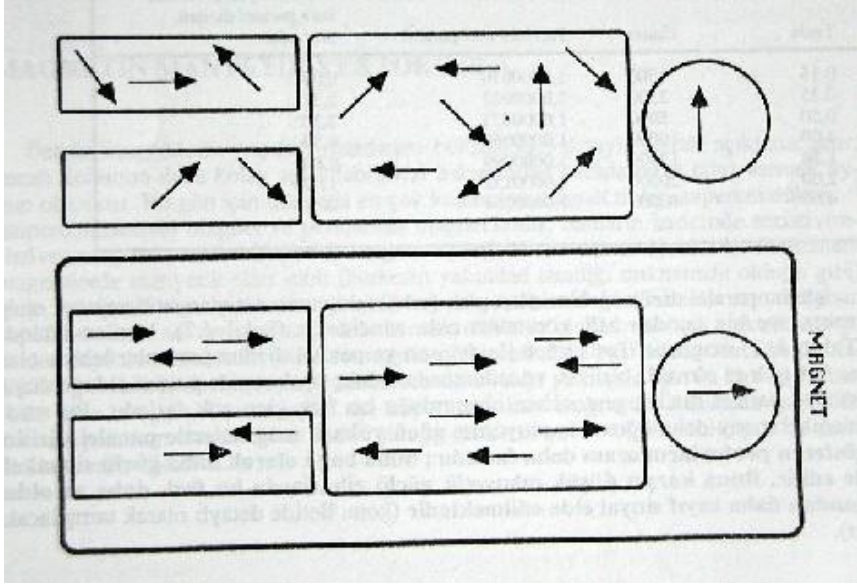
Doğadaki tüm maddeler (gaz, katı ve sıvı) atomlardan meydana gelmektedir. Atomlar ise proton, nötron ve elektron denen partiküllerden oluşmaktadır. Proton ve nötronlar (bunlara nükleon da denmektedir) atomun nükleus (çekirdek) denen bölümünde bulunurlar; elektronlar ise nükleus çevresinde seviyeler şeklinde ilerleyen çemberlerde bulunur (bunlara orbit veya shell denmektedir) Bütün nükleonlar kendi etrafında devamlı olarak spin hareketi denilen dönüşler yaparlar. Bu spin hareketleri sayesinde nükleonlar doğal bir manyetik alan oluştururlar. Oluşan bu manyetizmaya nükleer manyetizma denir. Çekirdekteki nükleonlar eğer çift sayıda ise birbirlerinin spin hareketlerini ortadan kaldıracak şekilde dizilim gösterirler ve birbirlerini nötralize ederler. Ancak tek sayıda nükleon içeren atomlarda net bir manyetik dipol hareketi bulunur. Bu durumda nükleer manyetizma oluşmaktadır. Bu özelliğe sahip atomlar için “NMR aktif” terimi kullanılmaktadır (67).

MRG’de sinyal kaynağı olarak tek sayıda nükleon içermesi ve biyolojik yapılarda fazla miktarda bulunması nedeniyle hidrojen atomu (H+) kullanılır. Normalde dokularda rastgele dağılmış olan H+ dipolleri güçlü bir manyetik alana yerleştirildiklerinde, dış manyetik alana paralel ve antiparalel dizilim gösterirler (şekil 21). Paralel dizilim daha az enerji gerektirdiği için paralel dizilim gösteren atomlar antiparalel dizilim gösterenlere göre çok az daha fazladır. Manyetik vektör ana manyetik alana paralel olur (66,68). Buna longitudinal manyetizasyon denir. Protonlar kendi etraflarındaki spin hareketine devam ederken, bir yandan da dış manyetik alanın gücü ile orantılı olarak bu manyetik vektörün aksı etrafında salınım (precession) hareketi yaparlar. Salınım hareketinin frekansı Larmour denklemi ile belirtilmiştir.

$$W_o = g \cdot B_o$$

$W_o$  = salınım frekansı ( $\mu\text{Hz/sn}$ )  $g$  = giromanyetik sabite ( $\mu\text{Hz/Tesla}$ )

$B_o$  = manyetik alanın gücü (Tesla)



**Şekil 21** : Normalde rastgele dizilen protonların kuvvetli manyetik alanda bu alana paralel ya da antiparalel dizilimleri (67)

İnsan vücudunu değişik durum ve ilişkiler içinde bulunan protonların oluşturduğu bir kütle olarak düşünürsek, hidrojen en fazla miktarda bulunan ve giromanyetik oranı en yüksek olan protondur. O nedenle MRG sinyalinin doğal kaynağıdır [54]. Dokunun net manyetik vektörü (longitudinal manyetizasyon) dış manyetik alana paralel olduğu için sinyal alamayız. Sinyal alabilmek için manyetik vektörün  $90^\circ$  radyofrekans (RF) pulsu ile transvers plana yönlendirilmesi gerekir. RF pulsu ana manyetik alan gücünde ve dokuya özgü Larmour frekansı ile uygulanır. Oluşturulan yeni durum transvers manyetizasyon adını alır ve RF pulsu kesildiğinde protonlar önceki düşük enerjili durumlarına dönmeye başlarlar. Bu sırada protonların transvers manyetizasyon sağlandığında gösterdikleri faz uyumu bozulmaya başlar ve longitudinal manyetizasyon tekrar artar. Bu değişim 'free induction decay = FID' adını alır ve sinyal kaydı bu sırada gerçekleştirilir. Alıcı sargılar tarafından algılanan sinyaller alternatif akıma ve sonra da bilgisayar yardımıyla görüntüye dönüştürülür (66,68).

$90^\circ$  RF pulsu verildikten sonra, ana manyetik alan yönündeki longitudinal manyetizasyonun %63'ünün yeniden kazanılması için gereken süre T1 relaksasyon zamanı olarak isimlendirilir ve bu süre ana manyetik alanın gücü ile dokuların içyapı özelliklerine göre değişir. T1 süresi hızlı olan dokular (yağ gibi) parlak (hiperintens), T1 süresi uzun olan dokular ise (BOS) düşük intensitede (hipointens olarak) görülürler (66).

90° RF pulsu verilmesinden hemen sonra transvers manyetizasyonun gücü, 90° pulstan önceki longitudinal manyetizasyonun gücüne eşittir. Aynı zamanda protonlar arasında faz uyumu oluşmuş durumdadır. RF pulsu kesildikten hemen sonra ise protonlar arası etkileşimler sonucu faz birlikteliği bozulur ve faz kaybı oluşmaya başlar. Transvers manyetizasyon azalır ve başlangıç degerinin %37'si seviyesine inmesine kadar ki süre T2 relaksasyon zamanı olarak adlandırılır. T2 süresi iç ve dış manyetik alan inhomojenitelerinden etkilenir, dış manyetik alan gücünden bağımsızdır. Gerçek T2 süresi sadece dokuların fiziksel özelliklerinden etkilenir. Hem dış alan manyetik inhomojenitelerinden, hem de dokuların fiziksel özelliklerinden kaynaklanan relaksasyona T2\* relaksasyon denir (66,68).

### **2.6.2 MRG' de kesit alınması ve rekonstrüksiyon**

MRG'de veri toplama ve görüntü oluşturulmasında en çok kullanılan yöntem Fourier transformasyondur (FT). Bu tekniğin aşamaları şunlardır:

1. İnceleme için vücut ana manyetik alana yerleştirilir.
2. Kesit alınması istenen düzleme dik yönde kesit belirleme gradiyenti uygulanır. Bu şekilde baş ve ayak ucu arasında farklılaşmış manyetik alan gücü sağlanır ve her bölge farklı rezonans frekansına sahip olur.
3. RF sargıları ile kesit alınacak düzlemdeki manyetik alan gücü değerinde (Larmour denkleminde göre) bir puls gönderilerek, sadece istenen kesit alanındaki protonlar uyarılır. Pulsun frekansı kesit yerini, bant genişliği ise kesit kalınlığını belirlemiştir.
4. Uyarım kesildikten sonra, ilgili kesitteki protonların rezonansından oluşan sinyaller algılayıcı sargılar tarafından toplanır.
5. Toplanan ham sinyaller, daha önceden seçilmiş frekans ve faz eksenlerine yerleştirilerek Fourier transformasyonu denilen bir dizi bilgisayar işlemine tabi tutularak görüntüye çevrilir (66).

### **2.6.3 K alanı**

Dokulardan gelen MR sinyallerinin Fourier transformasyondan sonra spasyal frekanslarına göre kodlanarak yerleştirildiği yerdir. K alanı bir kavramdır ve görüntüsü asıl MR görüntüsünden farklıdır. K alanında, y ekseninde faz kodlama, x ekseninde ise frekans kodlama gradiyentlerinden alınan sinyallerin frekanslarına göre yerleri belirlenir. Merkezde toplananlar düşük spasyal frekanslı sinyallerdir ve kontrast rezolüsyonundan sorumludurlar. Çevrede toplananlar ise yüksek frekanslıdır ve geometrik rezolüsyondan sorumludurlar. Ayrıca görüntünün her noktasına K-alanının tüm noktaları etki etmektedir. Faz kodlama gradiyentlerinin sayısı ya da aralıklarının arttırılması ile K-alanı büyütülebilir. Bu da görüntünün geometrik rezolüsyonunu arttırır (66).

### **2.6.4 Frekans kodlama ve faz kodlama gradientleri**

Kesit belirleme gradiyentiyle sinyalin hangi kesitten geldiği anlaşıldıktan sonra; kesit belirleme gradiyentine dik olan frekans kodlama gradienti kullanılır. Kesit içinde farklı gradiyentler oluşmasını sağlar. Bu gradiyente bağlı olarak, kesitte farklı salınım frekansları gösteren kolonlar oluşacaktır (67). Ancak sıraların belirlenmesi ve matriksin oluşturulması için sinyalin hangi sıralardan kaynaklandığının da bilinmesi gereklidir. Bunun için üçüncü bir boyut olarak kesit belirleme ve frekans kodlama gradiyentlerine dik başka bir gradiyent uygulanır ki buna da faz kodlama gradiyenti denir (66).

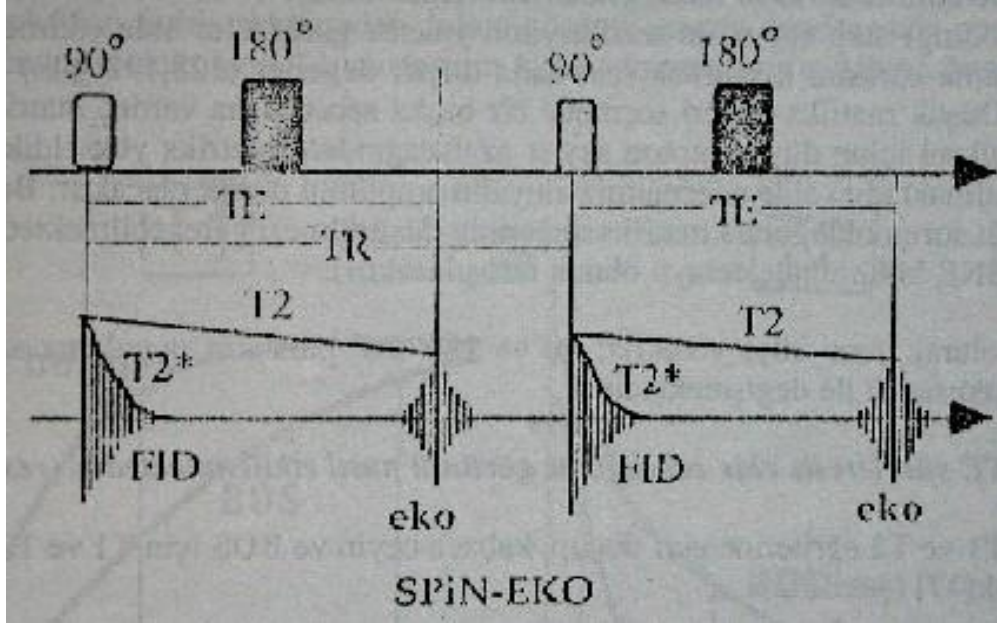
### **2.6.5 Temel puls sekansları :**

İnversion Recovery (ters dönüşüm düzenlemesi) , spin eko (SE) ve gradient eko sekansları MRG'de sık kullanılan temel sekanslardır (67).

Araştırmamızda incelediğimiz VISTA sekansı bir 3 boyutlu FSE (fast spin eko) sekansı olduğu için SE sekansının özelliklerinden kısaca bahsetmek gerekir.

### 2.6.6 Spin eko (SE) sekansı :

Spin-eko sekansı MRG'de konvansiyonel sekans olarak bilinir ve MRG'de halen en sık olarak kullanılan sekansdır (Şekil 22). 1950 yılında Hahn tarafından geliştirilen bu sekans şekilde de görüldüğü gibi 90 ve 180 derece RF pulslardan oluşmaktadır.



Şekil 22: Spin eko sekansının temel prensipleri (67)

Spin eko sekansında 180 derece pulse kullanmamızın nedeni dokuların T2 farklılıklarından yararlanmaktır. Eğer 180° RF puls kullanmazsak, dokuların T2 farklılıklarından yararlanamayız; dolayısıyla T2 ağırlıklı görüntüler elde etmek için 180° RF puls kullanılması gerekmektedir. Ayrıca 180° RF puls etkisi ile magnetin inhomojenitesi ortadan kalkmakta, buna bağlı olarak da dokuların mikroskobik manyetik çevre farklılıklarını ortaya çıkarmaktadır. Bu gradiyente bağlı olarak, kesitte farklı salınım frekansları gösteren kolonlar oluşacaktır. Şekil 21'de görüldüğü gibi TE (eko zamanı) 90° RF puls ile eko-sinyal arasındaki süre; TR (repitasyon zamanı) ise 90° RF pulslar arasındaki süredir. TE ve TR değerlerini değiştirerek farklı görüntüler elde edilebilir. Eğer biz TR değerini uzun seçersek voksellerimizde longitudinal manyetizasyonlar tamamlanacak ve ikinci 90° RF puls uygulandığında tüm voksellerden birbirlerine çok yakın transvers manyetizasyonlar (sinyal) elde edeceğiz. Ancak TR değerini kısa seçersek

bazı voksellerde longitudinal manyetizasyonlar tamamlanmış, bazı voksellerde ise longitudinal manyetizasyon daha tamamlanmamış olacağından dolayı, ikinci 90° RF puls ile voksellerimizden farklı şiddette transvers manyetizasyon değerleri (sinyal) elde etmekteyiz. Bunun anlamı, TR uzun ise görüntü dokuların T1 sürelerinin farklı olmasından etkilenmeyecektir; dolayısıyla elde edeceğimiz görüntüde T1 ağırlığı olmaz. (voksellere düşen proton yoğunlukları farklı olduğundan dolayı görüntü proton dansitesinde olur). TR kısa tutulduğunda ise dokular T1 sürelerinin farklı olmasından faydalandığımız için elde edeceğimiz görüntü T1 ağırlıklı olacaktır.

TE değerinin önemine gelince; transvers manyetizasyon oluşuktan sonra bazı voksellerimizdeki protonlar daha hızlı olarak salınım frekansı gösterecek, bazı voksellerimizdeki protonlar ise daha yavaş salınım göstereceklerdir. Bu nedenle, 90° RF puls sonrası TE / 2 kadar zaman sonra 180° RF puls uyguladığımızda dokular arasındaki bu farklılığa bağlı olarak farklı sinyaller elde ederiz ve görüntümüz T2 ağırlıklı olmaktadır. Eğer TE değerini uzun seçersek dokular arasında bu farklılığın oluşmasına izin vereceğimizden dolayı görüntünün T2 ağırlığı artmaktadır. Buna karşın TE değeri kısa seçilirse buna izin verecek yeterli zaman olmadığından dolayı görüntünün T2 ağırlığı azalacaktır.

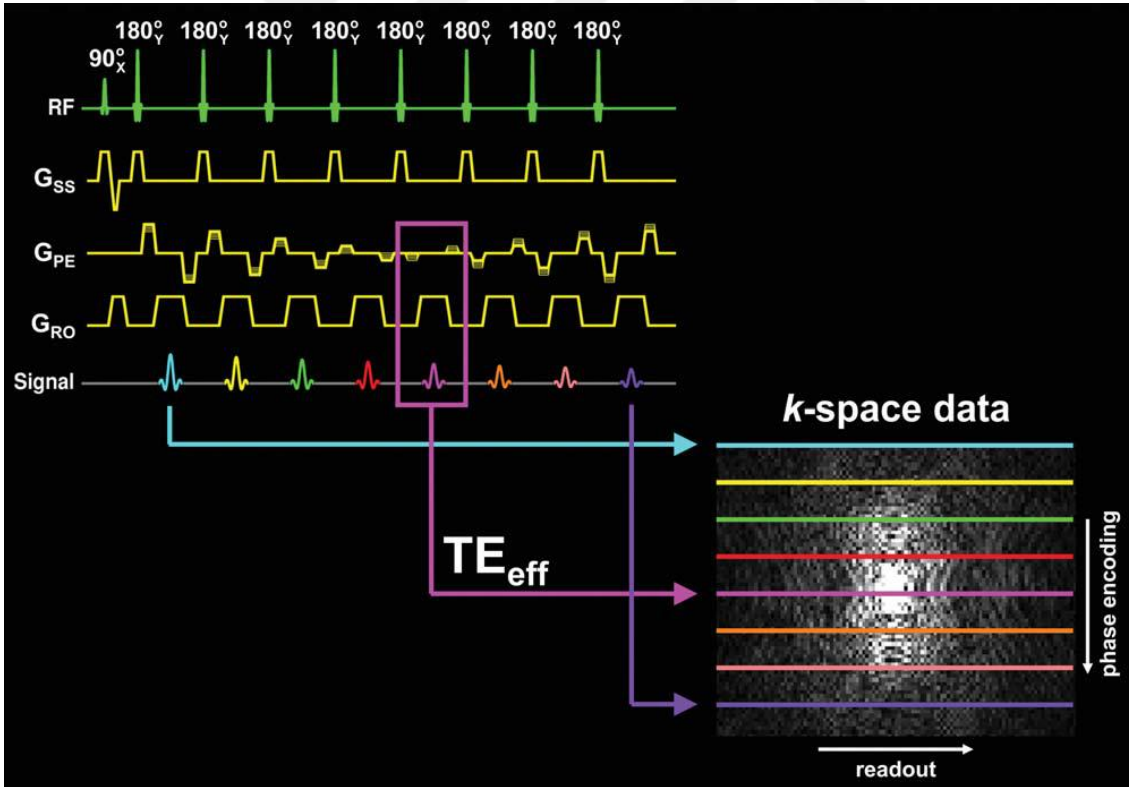
Dokuların hem T1 hem de T2 farklılıklarından yararlanmaz isek, elde edeceğimiz görüntü proton dansitesinde olacaktır. Yani TR değeri uzun, TE değeri kısa seçildiğinde görüntü proton dansitesi özellikleri taşır (67).

## **2.6.7 2D FSE (fast spin eko – turbo spin eko ) görüntülemesi**

Günümüzde kullanılan 2D – FSE pulse sekansları, 1986 yılında Hennig et al. tarafından tanımlanan RARE ( Rapid Acquisition with Relaxation Enhancement)'den uyarlanmış sekanslardır (69).

2D- FSE puls sekansının ana hatları şekil 23'de gösterilmiştir. 90 derece (eksitasyon) RF pulsunu takip eden ve ardışık spin ekolar üreten 180 derece (refocusing) RF puls zincirinden oluşur. Oluşan spin ekolar şekilde sinyal adlı sırada gösterilmiştir. Bu spin ekolar k alanının farklı sıralarına yukardan aşağı birer data olarak yerleştirilir (şeklin sağ alt kısmında görülüyor).

FSE sekansında TE yerine  $TE_{eff}$  ( efektif TE ) terimi kullanılır. Bu terim k alanının santralindeki dataya denk gelen spin ekonun TE'sidir. Ardışık oluşan 2 eko arasındaki süreye ESP ( echo spacing - eko aralığı ) denir. Şekilde ESP'yi 20 msn ve k alanının santralindeki ekoyu 5. Eko olarak kabul edersek şekildeki incelemenin  $TE_{eff}$ 'i 100 msn ( 5 x ESP) olarak hesaplanır. 180 derece (refocusing) RF pulslarının sayısı ETL (eko zincir uzunluğu) olarak adlandırılır. Bu sayı oluşan spin eko sayısına eşittir. Klinikte rutin kullanılan FSE sekanslarında ETL değerleri birkaç ile 30 arasında değişir. Bu aralıktaki ETL'ye sahip tetkiklerde oluşan data k alanını doldurmaya yetmez çünkü k alanındaki faz kodlama sıraları ETL değerinden çok daha fazladır. Bu nedenle k alanını doldurmak için puls sekanslar tekrar edilir. Ancak single shot FSE görüntülemeye ETL değeri 100'e kadar çıktığından tek bir eksitasyon sonrası oluşan ekolardan elde edilen datalar k alanını doldurmaya yeterlidir. Birden fazla eksitasyona gerek duyulmaz (70).

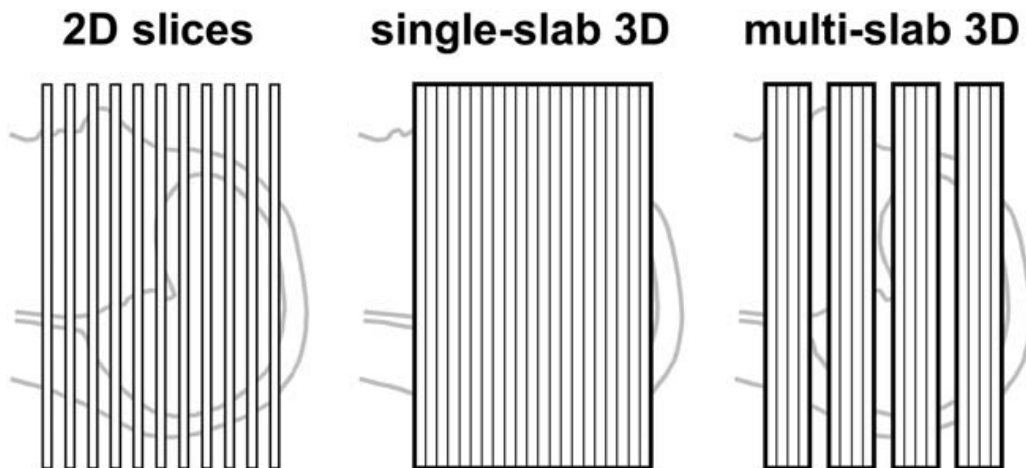


Şekil 23: 2D FSE görüntülemesi (70)

### 2.6.8 3 boyutlu görüntüleme ( 3D FSE) :

İlgililenilen bir anatomik bölgeye ait MR görüntüleri ya 2 boyutlu bir seri ( 2D kesitler) olarak ya da 3 boyutlu hacim (single slab – multi slab 3D ) olarak elde edilebilir (şekil 24). 3 boyutlu tekniklerde uzaysal kodlama yapabilmek için kesit belirleme yönünde ikinci bir faz kodlama gradienti uygulanır. Böylece bir volüm içerisinde birbiyle devamlılığını koruyan kesitler elde edilmiş olur. 3D görüntüleme, görüntüleme zamanı TR değeriyle ikinci ve üçüncü boyut için alınan faz kodlama basamaklarının çarpımı kadardır. Eğer üçüncü boyutta çok fazla kesit isteniyorsa TR değeri görece kısa olsa bile inceleme süresi uzun olacaktır. Kafa veya diz gibi yüksek volümlü yapıların 3 boyutlu FSE görüntülemesi için gereken süre oldukça uzundur. Bu nedenle klinik kullanımda pratik değildir. Ancak son yıllarda bazı firmalar 3D FSE'nin tekniğini optimize ederek CUBE, SPACE veya VISTA gibi klinikte kullanılacak sekanslar oluşturmuştur. Bu yöntemlerde spasyal selektif olmayan kısa RF pulsları kullanılarak ESP anlamlı ölçüde kısaltılır. Ayrıca değişken flip angle ( sapma açısı) değerleri kullanılarak bulanıklaşma azaltılır ve daha uzun eko zincirleri kullanılabilir. Böylece single slab FSE süresi klinikte kullanılabilir hale getirilmiştir.

Multi slab 3 boyutlu görüntüleme aslında 2D ve 3D görüntülemenin karışımıdır. İncelenmek istenen bölge kalın kesitler(slab) şeklinde taranır. Her bir slab için üçüncü boyutta faz kodlama uygulanarak üç boyutlu olarak taranır. Datalar k alanına aktarılırken 2 boyutlu görüntüleme olduğu gibi aralıklı olarak aktarıldığından tetkik süresi klinikte kullanmaya uygundur. Ancak artefaktlar nedeniyle klinikte kullanımı yaygınlaşmamıştır. Klinik görüntüleme kullanılan gerçek 3D görüntüleme single slab 3D tekniğidir (70).

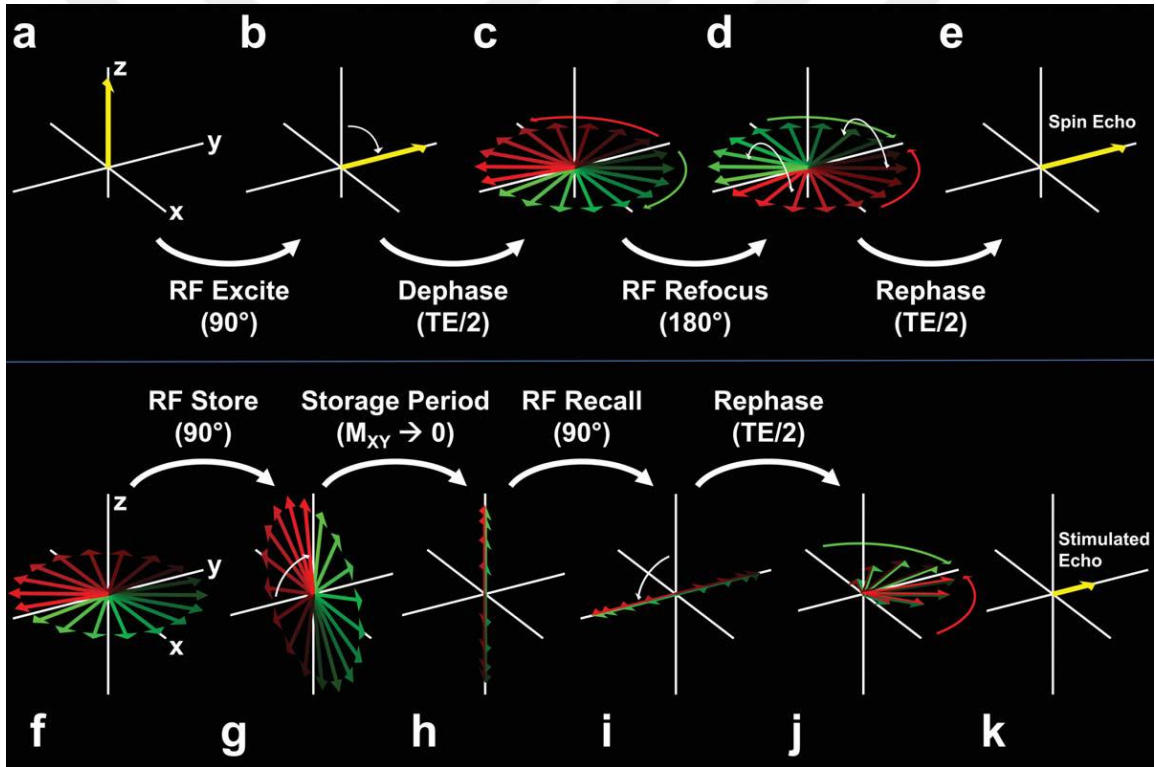




**Şekil 24:** MR görüntüsü elde etmede kullanılan temel yöntemler : 2 boyutlu kesitler, 3 boyutlu single slab ve 3D multislab (70)

RF pulsları incelemenin tekniğine bağlı olarak 0 ile 180 derece arasında ayarlanabilmektedir. Bu açı (dokunun net manyetik vektöründeki sapma açısı) “Flip angle” (sapma açısı) olarak bilinir. Farklı açılardaki RF pulslarının uygulanan dokuya etkileri farklıdır (67).

*RF pulslarının puls sekanstaki rolleri:*



**Şekil 25:** RF pulslarının eksitasyon, refocusing ve store/recall rolleri (70)

RF pulslarının eksitasyon, refocusing ve store/recall olmak üzere 3 tane ana rolü vardır. Bu roller şekil 25’de şematik olarak gösterilmiştir. Bu şekildeki sarı vektörler bir vokseldeki toplam manyetizasyonu temsil etmektedir. Kırmızı ve yeşil vektörler ise statik alan inhomojenitesi ve/veya uygulanan gradient koillere bağlı oluşan vokselin farklı rezonans frekanslarına sahip bölgelerindeki manyetizasyonları göstermektedir. Şekil 25’de a’dan

e'ye kadar olan bölüm RF pulslarının eksitasyon ve refocusing özelliklerini anlatmaktadır. Eksitasyon RF pulsunun amacı longitudinal (z) manyetizasyonun hepsini veya bir kısmını transvers (x,y) plana aktarmaktır. Şekil 25a ve b'de RF pulsu sonucunda manyetik vektör z ekseninden 90 derece dönerek y eksenine yer değiştirmiştir. Eksitasyon sonrası statik alan inhomojenitesi ve uygulanan manyetik alan gradienti sonu oluşan inhomojeniteden dolayı her vokseldeki manyetik vektörler farklı rezonanstadır ve farklı hızda salınım gösterirler. Şekil 25c'de defaze olmuş manyetik vektörler görülmektedir. TE/2 zaman boyunca yeşil vektörlerin salınım hızları fazla olduğu için z aksında saat yönünde dönerler. Kırmızı oklar ise ortalama frekanstan daha yavaş oldukları için saat yönünün tersinde dönerler (şekil 25c). TE/2 zaman sonra refocusing RF pulsu uygulanır. Bunun amacı manyetik vektörlerin oryantasyonunu değiştirerek tekrar bir araya gelmesini sağlamaktır. Şekil 25d'de görüldüğü gibi 180° lik refocusing RF pulsu uygulandığında kırmızı ve yeşil oklar y aksında yer değiştirmektedir. Yeşil oklar z eksenini etrafında saat yönünde kırmızı oklar da saat yönünün tersine dönmeye devam eder. Bu durum ikinci TE/2 süresi boyunca devam eder ve vektörler refaze olmuş olur. Böylece TE (eko zamanı) süresinde vektörler tekrar aynı doğrultuda dizilir ve spin eko oluşur (şekil 25e). Klinikte kullanılan çoğu MRG sekansında RF pulsları eksitasyon veya refocusing için kullanılırlar. Ancak single slab 3D FSE tekniğinde refocusing RF pulsları, değişken sapma açılarında kullanılır. Böylece stimüle eko oluşur. Stimüle eko oluşması için 3 RF pulsuna ihtiyaç vardır. Şekil 25f-25k'de eksitasyon 90° RF pulsunu takiben uygulanan 2 tane 90° RF pulsu sonucunda stimüle eko oluştuğu görülmektedir. Şekil 25f'de transvers manyetizasyonun, eksitasyon pulsundan TE/2 süre sonra defaze olduğu görülüyor (şekil 25c ve 25f birbirinin aynısı). Daha sonra 90°lik bir RF pulsu, transvers haldeki manyetik vektörlerin oryantasyonun longitudinal planda depolanmasını sağlıyor (şekil 25g: storage- depolama evresi). Şekil 25g'deki vektörlerin z aksı etrafındaki yeri RF pulsu uygulanmadan önceki transvers plandaki oryantasyonu yansıtmaktadır. 3. 90°lik RF pulsu uygulandığında ise longitudinal manyetizasyon tekrar transvers plana yer değiştiriyor (şekil 25i : recall – geri çağırma) . 3. RF pulsundan sonra gerçekleşen refazing evresinde kırmızı ve yeşil vektörler yer değiştiriyor (spin ekodaki refazing evresinin analogu). Bu süreç sonunda oluşan ekoya stimüle eko denir. Ancak bu süreç sonunda tüm yeşil ve kırmızı vektörler y ekseninin aynı tarafında olmazlar. Bu nedenle oluşan transvers manyetizasyon (kırmızı ve yeşil vektörlerin toplamı) spin ekoya göre daha küçük boyuttadır. Buradaki anahtar nokta depolama ve geri çağırma RF pulsları arasında depolanan longitudinal manyetizasyon dokuların T1 relaksasyon süresine göre azalır. Bu nedenle stimüle ekonun amplitüdünü

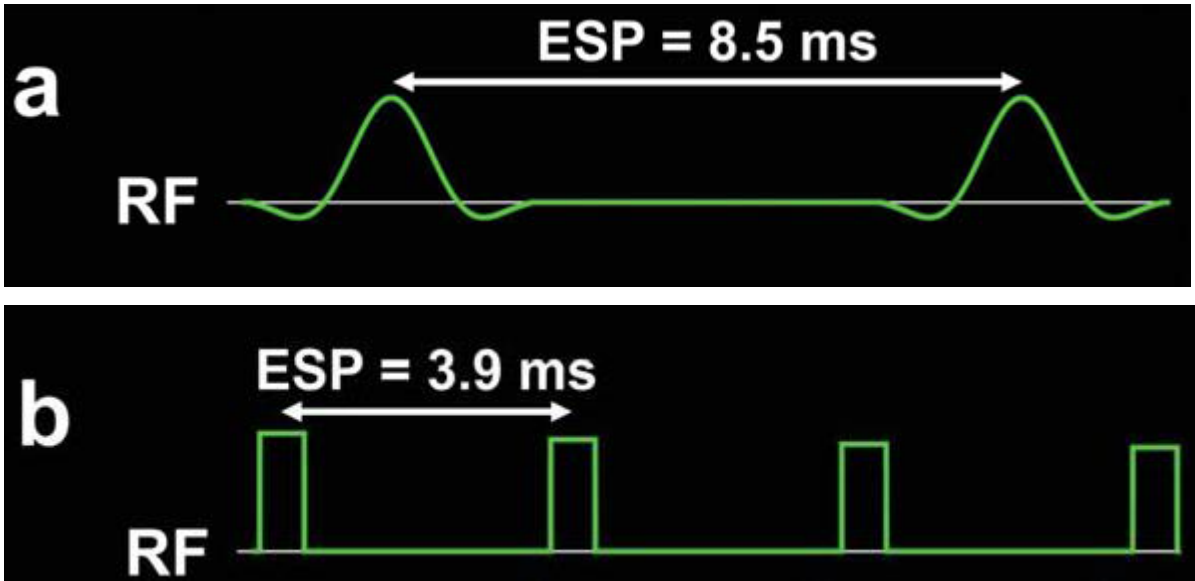
belirleyen esas faktör dokunun T1 değeridir. 1. (eksitasyon) puls - 2. (depolama) puls arasındaki sürede ve 3. (geri çağırma) pulstan eko oluşumuna kadar olan sürede T2 decay olduğu için aynı zamanda dokunun T2 relaksasyonundan da küçük ölçüde etkilenir. Buna karşılık spin ekonun amplitüdü sadece dokunun T2 değerinden etkilenir. Birçok biyolojik dokunun T1 değeri T2 değerinden uzun olduğu için stimüle ekodan daha uzun süre sinyal elde edilebilir. Daha sonra detaylı olarak anlatılacağı gibi refocusing RF pulsları değişken sapma açılarında kullanıldığında FSE görüntüleme deki eko zincir uzunlukları arttırılabilir (70).

### **2.6.9 VISTA (Volume ISotropic Turbo spin echo Acquisition ):**

Bizim araştırmamızda kullandığımız VISTA sekansı son yıllarda yapılan teknik optimizasyonlarla klinik uygulama için kabul edilebilir bir sürede elde edilen 3D single slab FSE eko sekansıdır. Bu görüntüleme de elde edilen voksellerin üç boyutu da aynı değer de olduğundan (örneğin 0,6 mm x 0,6 mm x 0,6 mm) volüm izotropik bir görüntüleme yöntemidir. Bundan dolayı elde edilen görüntülerden rezolüsyon kaybı olmadan tüm planlarda reformat yapılabilir. Bu tetkik öncelikle beyin incelemesinde kullanılmıştır (71–73). Yüksek rezolüsyonlu üç boyutlu görüntüler elde edilebildiğinden diz (17) ayak bileği (74) omuz (75) ve el bileği (76) gibi kompleks anatomiye sahip eklemlerin (77) görüntülenmesinde de kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca 3D FSE ekonun akım özelliklerinden dolayı MR ajiografide de (78–80) kullanılmaktadır. Single slab yöntemle üç boyutlu görüntü elde edildiğinden multi slab görüntüleme de izlenen slab sınır artefaktları görülmez. VISTA sekansının en önemli özellikleri daha kısa ESP değeri olması ve değişken sapma açısı sayesinde çok uzun eko zincirleri kullanılmasıdır. Spasyal selektif olmayan kısa RF pulsları kullanıldığı için daha kısa ESP değerlerine (3-4 msn) sahiptir ve böylelikle tetkik süresi kısalmaktadır. Değişken flip angle değerleri kullanılmasıyla ise hem bulanıklaşma önlenir hem de çok uzun eko zincirleri kullanılarak görüntü elde edilebilir. Bu özellikleri sayesinde günümüzde klinik uygulamada kullanılabilir hale gelmiştir (70). Ayrıca k alanını doldurmada parsiyal Fourier tekniği kullanılarak yine sürenin azalması sağlanmaktadır (81).

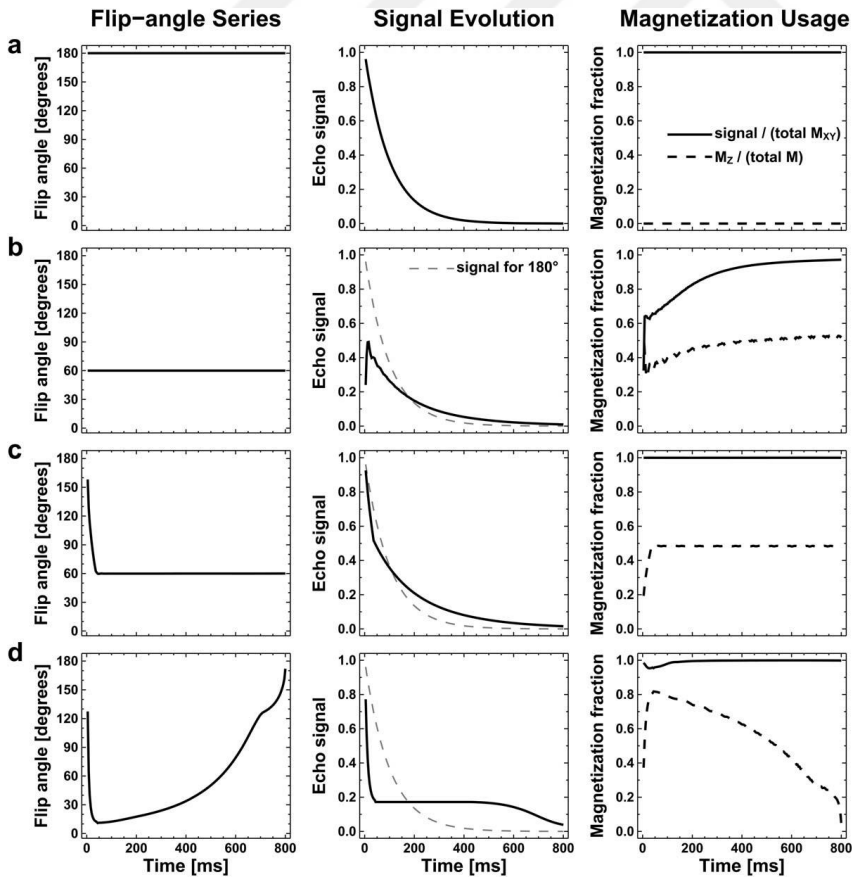
Daha kısa ESP ( Eko Aralığı) değerleri :

Klinik MRG'de kullanılan çoğu puls sekansda spasyal selektif(kesit selektif) RF pulsuları kullanılır. Bu RF pulsuları bir manyetik alan gradiyenti varlığında kullanıldığında dalga formunda bir şekle sahiptir. Yaklaşık 1 ile 10 msn arasında değişen sürede RF pulsu devam eder. Multi slab 3D FSE yönteminde iyi sınırlı kesitler elde etmek için RF pulsunun süresi en az birkaç ms olmalıdır. Şekilde 26a multi slab 3D FSE puls sekansındaki ESP'nin şematik halidir. Bu şekilde ardışık 2 tane dalga formunda refocusing RF pulsu görülüyor. Örnekteki RF pulsunun süresi 3.84 ms ve ESP değeri ise 8.5 ms'dir. Görüldüğü gibi RF pulsu ESP'nin %45'ini oluşturmakta ve ESP'yi arttırmaktadır. Şekil 26b'de ise single slab 3D FSE puls sekansının zaman diagramından şekil 26a'yla aynı süreyi kapsayan bir kesit görülüyor. Single slab tekniğinde spasyal selektiflik gerekmediğinden spasyal selektif olmayan daha kısa süreli RF pulsuları kullanılabilir . Bu RF pulsuları şekilde de görüldüğü gibi 0,6 ms süren dikdörtgen formda RF pulslarıdır (71,82).Bu yöntem günümüzde beyin veya diz gibi bölgelerin görüntülenmesinde kullanılan 3D gradient sekanslardaki yöntem analog bir yöntemdir. Spasyal selektif olmayan refocusing RF pulsuları 3D GRASE( Gradiend And Spin Echo) görüntülemelerde de kullanılmaktadır (83). Bu yöntemlerde spasyal selektiflik olmadığından aliasing artefaktının önüne geçmek için; slab kalınlığı ve buna bağlı olarak spasyal kodlanan volüm, inceleyeceğimiz yapının hepsini içine alacak şekilde geniş olmalıdır. Kısa RF pulsu kullanıldığında ESP değeri de azalmış oluyor. Şekildeki örnekte ESP 3.9 ms'ye düşmekte çünkü RF pulsunun süresi 0.6 ms olduğundan RF pulsu ESP'nin sadece %15 ini oluşturmaktadır. Spasyal selektif olmayan kısa refocusing RF pulsuları (<1msn) kullanıldığında ESP değerleri azalmakta böylece belli bir eko zincir süresi boyunca uygulanan RF puls sayısı artmakta ve toplanan eko değeri de artmaktadır (70).



Şekil 26: Selektif olmayan refocusing RF pusları kullanılarak ESP'nin kısaltılması (70)

Değişken sapma açısı ve daha uzun eko zincirleri:



**Şekil 27:** Değişken sapma açılı refocusing RF pulsları kullanılarak eko zincir süresinin uzatılması (70) : a) sabit 180 RF b) sabit 60 RF c) sapma açısı rampası sonrasında sabit 60 RF d) eko zincir boyunca değişken sapma açılı RF <sup>echo</sup>-train duration by using variable flip angles for the refocusing RF pulses. Sol kolon : refocusing RF pulslarının sapma açısı, orta kolon: oluşan eko sinyalin amplitüt grafiği sağ kolon devamlı çizgi : transvers manyetizasyonun total sinyale oranı , sağ kolon kesikli çizgi: z aksı boyunca depolanan manyetizmanın total manyetizmaya oranının 800 msnlık eko zinciri boyunca grafiği

Tipik FSE puls sekanslarında refocusing RF pulsarı için yüksek sapma açıları kullanılır (  $180^{\circ}$ 'ye eşit veya çok yakın).  $180^{\circ}$ 'lik seri refocusing RF pulsları kullanıldığında, eksitasyon RF pulsı ( $90^{\circ}$ ) tarafından oluşturulan transvers manyetizasyon odaklanır ve sadece transvers manyetizasyon ( $T_2$ ) tarafından sinyal oluşur. Dokuların  $T_2$  relaksasyon sürelerine bağlı olarak eko zinciri boyunca her bir eko zamanında sinyal düşer (şekil 27a ortadaki grafik). Ve bir süre sonra o dokudan sinyal toplanamaz. Bu yüzden klinik FSE sekanslarında eko zincir uzunluğu kısa  $TE_{eff}$ 'li yöntemlerde (  $T_1$  veya PD) incelenen dokunun  $T_2$  değerinden kısa olmalıdır. Uzun  $TE_{eff}$ 'li değerlerde(  $T_2$  ağırlıklı) ise eko zincir uzunluğu dokunun  $T_2$  değerinin 2 veya 3 katından daha kısa olmalıdır. Örneğin beyindeki gri ve beyaz cevherin  $T_2$  değerleri yaklaşık 100 msn olduğundan  $T_2$  ağırlıklı FSE beyin görüntülemesinde kullanılan eko zincir süresi 300 msn'nin altındadır. 300 msn'den daha uzun eko zincir süresi kullanıldığında bu yöntemlerde bulanıklaşma gibi artefaktlar oluşur (84,85).

20 yıl kadar önce Hennig refocusing RF pulsı olarak sabit düşük sapma açısında RF pulsı kullanarak  $T_1$  bağımlı eko zincirleri oluşturmayı önermiştir. Biyolojik dokuların  $T_1$  değerleri  $T_2$  değerlerine göre çok daha uzun olduğundan  $T_1$  bağımlı eko zincir süresi daha uzun olacaktır (86). Görece daha düşük sapma açısı kullanmanın etkisini şekil 27b'de ortadaki grafiğe bakarak görebiliriz. Şekilde ortadaki grafikler; sol kolonda gösterilen değişik değerlerdeki sapma açısına bağlı oluşan sinyal grafiğini göstermektedir. Bu grafikler  $T_1/T_2$  relaksasyon sürelerinin 1000/100 msn olan bir dokuya yönelik yaklaşık 800 msn'lik uzun eko zinciri ( ESP 4 msn olan 200 eko içeren) kullanılarak yapılan bir yöntemi temsil etmektedir. Şekil 27b'de ortadaki grafiğe bakıldığında; 200 veya 400 msn'deki elde edilen sinyaller, sabit  $60^{\circ}$  RF pulsı kullanıldığında ( devamlı çizgi) sabit  $180^{\circ}$ 'lik RF pulsı kullanıldığı duruma ( kesikli çizgi) göre daha fazladır. Çünkü  $60^{\circ}$ 'lik

refocusing RF pulsu kullanıldığında hem spin eko hem de stimüle ekolar oluşur (şekil 25). Oluşan stimüle eko manyetizasyonu dokunun T1 relaksasyon değerine göre azalır. Örneğimizdeki dokunun T1 değeri T2 değerine göre 10 kat daha fazla olduğundan stimüle ekodan daha uzun süre sinyal elde edilebilir. Sağ kolondaki grafikler kullanılan refocusing RF pulslarının genel performansını temsil etmektedir. Kesik çizgiler; storage periyodundaki depolanan z aksındaki manyetizasyonun tüm manyetizasyona oranını göstermektedir. 180° refocusing RF pulsları kullanıldığında tüm transvers manyetizasyon eksitasyon pulsu tarafından oluşturulur. Z aksında depolanan manyetizasyon yoktur. Bu yüzden bu değer tüm eko zinciri boyunca sıfırdır (şekil 27a sağdaki grafik kesik çizgi). Sağ kolondaki grafiklerdeki devamlı çizgiler ise transvers plandaki manyetizasyonun tüm manyetizasyona oranını göstermektedir. Bu değer transvers manyetizasyonun ne kadar verimlilikte kullanıldığı gösterir.

Stimüle eko olduğunda daha önce de anlatıldığı gibi tüm manyetik vektörler aynı yönde olmadığından oluşan transvers manyetizasyon spin ekoya göre daha düşüktür. Sabit 60° refocusing RF pulsları kullanıldığında daha uzun eko zamanlarında sabit 180° RF pulslarına göre daha fazla sinyal elde edilmesine rağmen transvers manyetizasyon yeteri kadar efektif kullanılamamaktadır. Devamlı çizgi şeklinde olan eğrideki değer 1'e ulaşamaz ve eğrinin ilk çөгüreginde 0.8'in altındaki değerleri görmekteyiz (şekil 27b sağdaki grafik). Sabit 60°'lik RF pulsu kullanılmasının da kısıtlamaları vardır (70).

1990'lı yılların sonlarında Alsop 180°'nin altında sabit RF pulsu kullanılmasını yeni bir yöntem geliştirirerek daha verimli hale getirmiştir (87). Bu methodda tetkik başlangıcında kısa bir süre yüksek sapma açısı kullanılıp sonra hızlıca sapma açısını düşürülerek tetkik genelinde düşük sapma açısı kullanılmaktadır (şekil 27c soldaki grafik). Böylece tetkik boyunca oluşan sinyalin davranışı geliştirildiği gibi daha uzun eko zincir zamanında da yüksek amplitütlü sinyal elde edilebilmektedir. Şekil 27c'de sağdaki grafiğe bakıldığında bu yöntemle transvers manyetizasyonun efektif olarak kullanıldığı görülebilmektedir (devamlı çizgideki değerler tüm eko zamanlarında bire yakın).

Bu alanda en son gelişmelerle artık eko zinciri boyunca değişken sapma açıları kullanılabilir (şekil 27d). Bu durumda eko zincirinin santralindeki sinyalin amplitüdü sabit 180° sapma açısı kullanılan tekniğe göre daha fazladır. Orta noktada (400 msn) sinyal amplitüdünün yaklaşık 10 kat daha fazla olduğu görülmektedir (şekil 27d

ortadaki grafik). Bu yöntemde başlangıçta manyetizasyonun büyük kısmı z aksında depolanmakta sonra depolanan z aksındaki manyetizasyon transvers manyetizasyona dönüştürülmektedir. Böylece transvers manyetizasyon efektif olarak kullanılabilir. Şekil 27d'de sağdaki grafikte görüldüğü gibi devamlı çizginin değerleri tüm eko zamanı boyunca bire yakındır.

Özetleyecek olursak değişken sapma açıları kullanılarak yapılan tekniklerde (VISTA gibi) hem daha uzun eko zincir zamanları kullanılabilir hem de blurring artefaktının önüne geçilmektedir (70).





### 3 MATERYAL VE METOD

Çalışma Yeditepe Üniversite Hastanesi'nde 11/11/2015 tarihinde düzenlenen etik kurul toplantısında kurul üyeleri tarafından değerlendirilip onaylanmıştır. Çalışmaya ait etik kurul onay formu sayfa 101'de mevcuttur.

#### 3.1 Hasta Seçimi

Çalışmada etkinliğini araştırdığımız 3D PD VİSTA sekansı Eylül 2014 – Kasım 2015 tarihleri arasında Yeditepe Üniversite Hastanesi'nde diz MRG'si çekilen ve aynı zamanda artroskopi yapılan hastalarda retrospektif olarak değerlendirildi. Bu tarihler arasında Ortopedi ve Travmatoloji Anabilim Dalı tarafından diz artroskopisi yapılan olgular hastane bilgi sistemleri (HİS) yazılımı kullanılarak belirlendi. Daha sonra bu hastaların HİS ve PACS bilgileri retrospektif olarak değerlendirildi ve artroskopi öncesinde Yeditepe Üniversite Hastanesi Radyoloji Anabilim Dalı'nda diz MRG incelemeleri yapılmış ve incelemelerinde VİSTA sekansı da bulunan olgular belirlenerek bilgileri kaydedildi. Bu şekilde hastanemizde hem diz MRG'si çekilen hem diz artroskopisi yapılan toplam 78 hasta bulundu. Hastaları araştırmaya dahil etme kriterlerimiz; diz ağrısı şikayetiyle hastaneye başvurusu, 18-65 yaş arasında olması, daha önce menisküs operasyonu geçirmemiş olması ve daha önce tespit edilen menisküs yırtığı olmamasıydı. Bu nedenle bulduğumuz olgulardan yaşı 18'den küçük ve 65'ten büyük olanlar, daha önce menisküs operasyonu geçiren veya daha önce menisküsünde eski yırtığı bulunan 13 olgu çıkarıldı. Sonuç olarak toplam 65 olguya ait 66 diz MRG incelemesi değerlendirildi. Bir olgunun her iki dizine ait MRG incelemesi vardı.

#### 3.2 Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) Değerlendirmeleri

İncelemeler hastanemizde bulunan 3 Tesla MRG (Ingenia, Philips, The Netherlands) ve 16 kanallı SENSE diz koili kullanılarak yapıldı (şekil 28). MRG cihazında görüntülenecek hasta öncelikle supin pozisyonda, ayaklar önce gelecek şekilde cihaza yerleştirildi. Diz,

çok hafif fleksiyonda ve minimal eksternal rotasyonda olacak şekilde koil içerisine anatomik pozisyona yakın şekilde yerleştirildi (şekil29).



**Şekil 28:** 3T Philips 16 kanallı SENSE diz koili (88)



**Şekil 29:** Diz MRG'si çekilen hastanın pozisyonlaması (89)

Hastalara diz MRG incelemesinde rutin olarak sagittal ve aksiyal yağ baskılı PD, koronal yağ baskılı T2, koronal PD ve 3D VİSTA sekansları yapılmaktadır. Araştırmamızda hastaların sagittal yağ baskılı PD ( FS PD) görüntüleri ve aksiyal 3D VİSTA sekansının sagittal reformat görüntüleri karşılaştırıldı. Araştırmada incelediğimiz sekansların parametreleri tablo 2' de verilmiştir. Araştırmada etkinliğini karşılaştırılan sagittal FS PD ve 3D VİSTA sekanslarının SNR ( sinyal gürültü oranı) ve CNR (kontrast gürültü oranı) değerleri hesaplandı. Bu değerler hesaplanırken artroskopisinde menisküs yırtığı bulunmayan ve MRG görüntülerinde menisküsü normal sinyalde olan 5 olgunun MR görüntülerinden ROI ölçümleri yapıldı.

MR görüntülerinde menisküs yırtığı olup olmaması değerlendirildi. MRG'de menisküste süperior veya inferior eklem yüzeyine ulaşan lineer sinyal intensitesi varlığında menisküs yırtığı tanısı kondu (90–92). Artiküler yüzeye ulaşmayan sintal değişikliği ve artiküler yüzeyde düzensizlik varsa şüpheli menisküs yırtığı olarak değerlendirildi. Her diz için menisküs yırtıklarına, medial menisküs anterior (MA), medial menisküs posterior (MP), lateral menisküs anterior (LA) ve lateral menisküs posterior (LP) olmak üzere 4 ayrı lokalizasyonda bakıldı. Her lokalizasyon için menisküs yırtığı var, yok veya kuşkulu olarak kaydedildi.

**Tablo 2:** Araştırmada değerlendirilen 2D FS PD ve 3D PD VİSTA sekanslarının fizik parametreleri

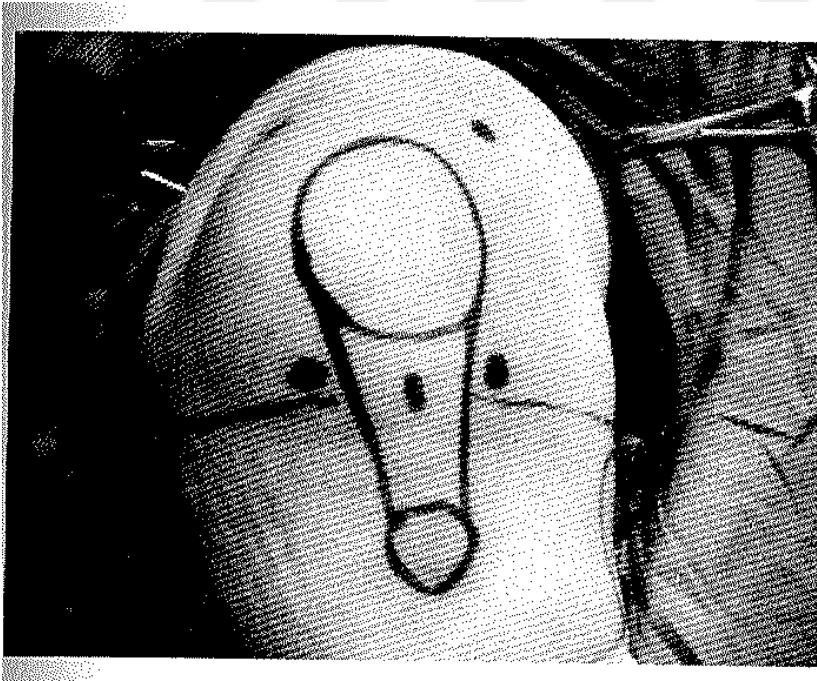
PARAMETRELER	FS PD sagital	3D PD VİSTA
<b>Kesit Kalınlığı (mm)</b>	3	0.8
<b>Kesit Sayısı</b>	28	350
<b>FOV (AP) (cm)</b>	15	16
<b>Matriks</b>	524 x 864	251 x 512
<b>TR (ms) / TE(ms)</b>	3982/30	1300/28
<b>ETL</b>	20	65
<b>Voksel boyutu (mm)</b>	0.4 x 0.3	0.5 x 0.5 x 0.5
<b>Rekonstrükte voksel boyutu (mm)</b>	0.2 x 0.2	0.3 x 0.3 x 0.3
<b>Süre</b>	3 dk 27 sn	5 dk 22 sn

MRG bulguları, tez asistanı tarafından artroskopi sonuçlarına bakılmadan kör olarak değerlendirildi. Önce her hastanın 2D FS PD sekansı değerlendirildi. Daha sonra hastaların 3D VİSTA sagital reformat görüntüleri 2D FS PD'den bağımsız olarak değerlendirildi. İki sekansın değerlendirilmesi birbirinden etkilenmemek için arada 1 hafta ara verilerek yapıldı.

### 3.3 Artroskopi Değerlendirmeleri

Araştırmamızdaki artroskopi incelemeleri Yeditepe Üniversitesi Hastanesi Ortopedi ve Travmatoloji doktorları tarafından üç ana parçadan (kamera, ışık kaynağı ve kayıt sistemi) oluşan artroskopi cihazıyla yapıldı. İşlem sırasında standart anteromedial ve anterolateral olmak üzere iki yolla diz eklemine girildi. Anterolateral giriş kamera ve ışık kaynağı girişi için anteromedial giriş cerrahi aletlerin girişi için kullanıldı. Artroskopi sırasında görülen bulgular ve yapılan işlemler ortopedi doktorları tarafından hastanenin enformasyon sistemine kaydedildi.

Her hastanın artroskopi sonuçları HİS'te kayıtlı olan artroskopi raporlarına bakılarak değerlendirildi. Artroskopi raporlarından menisküs yırtığının varlığı ve lokalizasyonları kaydedildi. Hastaların MRG bulguları değerlendirildikten sonra sistemdeki artroskopi bulgularına bakıldı. Böylece artroskopi sonuçlarından etkilenilmeden MRG görüntüleri değerlendirilmiş oldu.



**Şekil 30:** Artroskopiye kullanılan standart giriş yerleri (25)

### 3.4 İstatistiksel Analiz

Veriler bilgisayarda SPSS 23.0 (Statistical Packages of Social Sciences) programı ve MedCalc 16.1 kullanılarak analiz edildi. Açıklayıcı istatistikler sürekli değişkenler için ortalama  $\pm$  standart sapma şeklinde kategorik değişkenler için frekans ve yüzde şeklinde gösterildi. İki değişken arasında ilişki olup olmadığını belirlemek için Cramer Rou korelasyon ve kontenjans katsayıları hesaplandı. Yöntemler arasındaki uyum kappa katsayısı ile değerlendirildi. 2D FS PD ve 3D VİSTA yöntemlerinin yırtık tespitinde tanısız karar verdirici özellikleri Receiver Operating characteristics (ROC) ile incelendi. ROC eğrisi altında kalan alan hesaplanarak sekanslar için AUC (eğri altında kalan alan) değerleri çıkarıldı. Bu değer o sekansın menisküs yırtığı saptamadaki karar verdirici özelliğini (etkinliğini) göstermektedir. Anlamlı sınır değerlerinin varlığında bu sınırların sensitivite, spesifisite, pozitif prediktif değer, negatif prediktif değerleri hesaplandı ve eğri altında kalan alan hesaplandı.  $p < 0,05$  olması durumunda aradaki fark anlamlı kabul edildi.

1. Sensitivite: Araştırılan sekansın menisküs yırtıklarını tespit etme gücünü yansıtmaktadır.
2. Spesifite: Menisküs yırtığı olmayan hastalar arasında menisküs yırtığı olmayanları yakalayabilme gücünü göstermektedir.
3. Doğruluk: Tüm hastalar arasında menisküs yırtığı olanları ve menisküs yırtığı olmayanları doğru saptayabilme oranını göstermektedir.
4. Pozitif prediktif değer: Araştırılan sekansın menisküs yırtığı saptadığı hastalar içinde gerçekten menisküs yırtığı olan hastaların oranını göstermektedir.
5. Negatif prediktif değer: Araştırılan sekansın menisküs yırtığı saptamadığı olgular içinde gerçek sağlam olguların oranını göstermektedir.

Bu parametreler aşağıdaki istatistiksel formüller kullanılarak sistem tarafından otomatik olarak çıkarıldı.

$$\text{Sensitivite} = \frac{\text{Gerçek pozitif sonuçlar}}{\text{Gerçek pozitif} + \text{Yanlış negatif sonuçlar}} \times 100$$

$$\text{Spesifite} = \frac{\text{Gerçek negatif sonuçlar}}{\text{Gerçek negatif} + \text{Yanlış pozitif sonuçlar}} \times 100$$

$$\text{Doğruluk} = \frac{\text{Gerçek pozitif} + \text{Gerçek negatif sonuçlar}}{\text{Gerçek pozitif} + \text{Gerçek negatif} + \text{Yanlış pozitif} + \text{Yanlış pozitif sonuçlar}} \times 100$$

$$\text{Pozitif prediktif değer} = \frac{\text{Gerçek pozitif sonuçlar}}{\text{Gerçek pozitif} + \text{Yanlış pozitif sonuçlar}} \times 100$$

$$\text{Negatif prediktif değer} = \frac{\text{Gerçek negatif sonuçlar}}{\text{Gerçek negatif} + \text{Yanlış negatif sonuçlar}} \times 100$$

Gerçek pozitif: MRG’de menisküs yırtığı tespit edilen ve aynı zamanda artroskopiyile de menisküs yırtığı doğrulanan olgulardır.

Yanlış pozitif: Artroskopide menisküste yırtık olmamasına rağmen MRG’yle yanlış olarak yırtık saptanan olgulardır.

Yanlış negatif: MRG’de menisküs yırtığı tespit edilmemiş, ancak artroskopide yırtık rapor edilmiş olgulardır.

Gerçek negatif: MRG’de ve artroskopide yırtık tespit edilmemiş olgulardır.

Bu değerler hem PD FS sekansı hem de 3D VİSTA sekansı için ayrı ayrı hesaplandı. Medial menisküs anterior, medial menisküs posterior, lateral menisküs anterior ve lateral menisküs posterior olmak üzere dört ayrı bölge için bu değerler çıkarıldı. Sadece üç olguda medial menisküs anteriorda yırtık olduğundan bu lokalizasyon için istatistiksel anlamlı sonuçlar çıkmadı. Son olarak tüm bölgelerdeki toplam yırtık sayısına göre iki sekans için de analizler yapıldı.

## 4 BULGULAR

### 4.1 Genel Hasta Grubu

Çalışmada değerlendirilen 65 olgunun 41 tanesi erkek (%63.1), 24 tanesi (%21.9) kadındı. En küçük olgu 20 en büyük hasta 65 yaşındaydı. Olguların yaş ortalaması  $39.63 \pm 12.90$  idi. Olgulardan 1 tanesinin 2 dizine de MRG çekildiği için toplam 66 diz MRG tetkiki üzerinden araştırma yapıldı.

### 4.2 Menisküslerin Artroskopisi Bulguları

Araştırmamızdaki olguların ameliyat raporlarından elde edilen bilgilere göre artroskopi yapılan 66 dizden 49'unda (%74.2) ayırdığımız 4 menisküs bölümünden en az birinde yırtık saptanmış, 17sinde ise hiçbir menisküs bölgesinde yırtık saptanmamıştır. Her bir diz için menisküsleri MA,MP,LA ve LP olarak 4 bölgeye ayırdığımız için 66 dizde toplam 264 tane menisküs bölgesi mevcuttur. Artroskopi raporlarından elde edilen verilere göre 264 menisküs bölgesinden 61'inde (%23.1) yırtık saptanmış, 203'ünde (%76.9) yırtık saptanmamıştır. Menisküs bölgelerini ayrı ayrı incelediğimizde medial menisküsün anteriorunda 66 dizden sadece 3'ünde artroskopide yırtık saptandığı için yapılan istatistik analizlerden elde edilen bulgular istatistiksel olarak anlamlı çıkmadı (p: 0.3). Bu nedenle MA'ya ait istatistiksel verilere araştırmada yer verilmedi. En sık yırtığın bulunduğu menisküs bölgesi olan medial menisküs posteriorda 66 dizden 34'ünde artroskopide yırtık saptanmıştır. Lateral menisküs anteriorunda 66 dizden 9'unda artroskopiyle yırtık saptanmışken lateral menisküs posteriorda 66 dizden 14'ünde yırtık saptanmıştır. Menisküs bölgelerine göre yırtıkların prevalansına bakarsak MA için yırtık prevalansı %4.5, MP için %51.5, LA için %13.6 ve LP için %21.2 olarak hesaplandı. Bu verilere göre araştırmamızdaki hasta popülasyonunda en sık yırtık görülen bölgenin MP, en nadir yırtık görülen bölgenin ise MA olduğu belirlendi.

### **4.3 2D FS PD ve 3D PD VİSTA'nın Yırtık Saptamadaki ROC Eğrisi Analizleri**

Sekansların öncelikle her dizde ayrılan 4 menisküs bölgesindeki (MA, MP, LA, LP) yırtıkları saptamadaki etkinlikleri, sensitivite, spesifite, pozitif ve negatif prediktif değerleri ROC eğrileri ile değerlendirildi. Daha sonra tüm yırtıklar toplanarak her iki sekansın toplam menisküs yırtıklarını saptamadaki etkinlikleri analiz edildi.

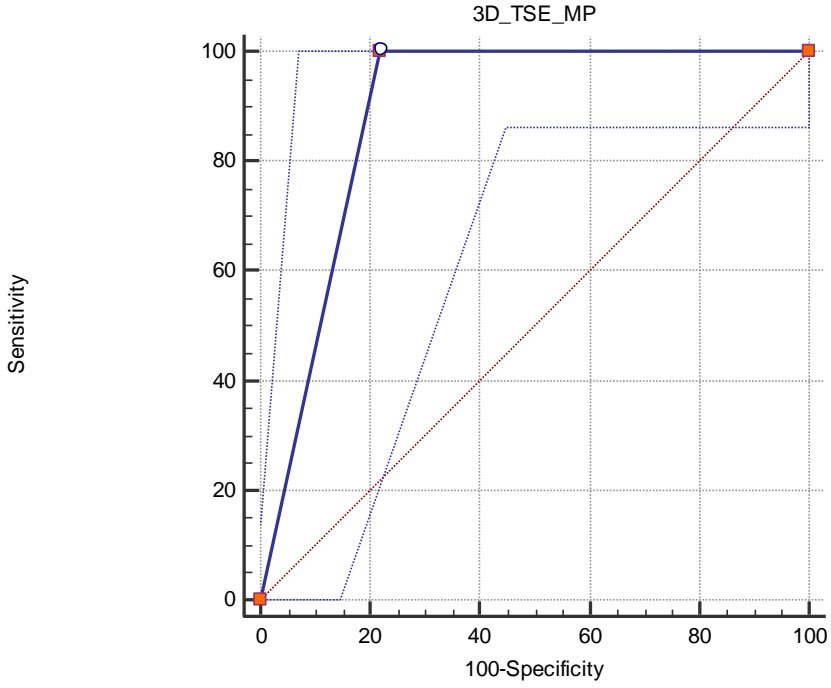
#### **4.3.1 Medial menisküs anteriordaki (MA) yırtıklar için istatistiksel veriler**

Medial menisküs anteriorda artroskopiyile yalnızca 3 yırtık saptandığı için istatistiksel analiz sonuçları anlamlı çıkmadı (p: 0.3). Bu nedenle bu bölge için çıkarılan istatistiksel değerler araştırmada belirtilmedi.

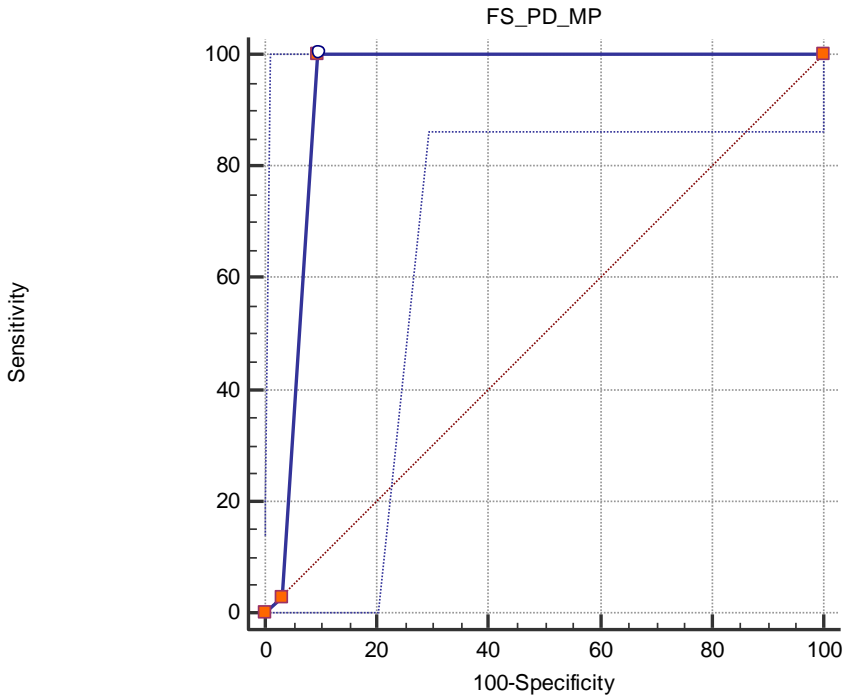
#### **4.3.2 Medial menisküs posteriordaki (MP) yırtıklar için istatistiksel veriler:**

3D PD VİSTA'nın medial menisküs posteriordaki yırtıklarını saptamadaki tanısal karar verdirici özelliğini değerlendirirken ROC eğrisinden yararlandık. ROC eğrisinin altında kalan alan 1'e ne kadar yakınsa o yöntemin tanısal karar verdirici özelliği o kadar fazladır. Şekil 31'deki ROC eğrisinin altında kalan alan ( $A_z$ ) 0.891 olarak hesaplandı (p<0.0001).





Şekil 31: MP'deki yırtıkları saptamada 3D VISTA sekansının etkinliğini gösteren ROC eğrisi



Şekil 32: MP'deki yırtıkları saptamada 2D FS PD sekansının etkinliğini gösteren ROC eğrisi

2D FS PD sekansının MP'deki menisküs yırtıklarını saptamadaki etkinliğini saptamak için yapılan ROC eğrisinin altında kalan alan ise 0,939 olarak hesaplandı (p: 0.0001) (şekil 32)

Medial menisküs posteriorundaki yırtıkları saptamada sensitivite, spesifite, pozitif ve negatif prediktif değerler her iki sekans için de ayrı ayrı hesaplandı.

**Tablo 3:** MP deki yırtıkları saptamada 3D VİSTA ve 2D FS PS sekanslarının sensitivite, spesifite, pozitif ve negatif prediktif değerleri

MP	Sensitivite	Spesifite	Doğruluk	(+) prediktif değer	(-) prediktif değer
3D VİSTA	%100	%78,4	%89,3	82,9	100
2D FS PD	%100	%90,6	%96,8	91,9	100

Tablo 3'deki veriler incelendiğinde iki sekansın MP'deki yırtıkları saptamada sensitivitelelerinin benzer olduğu ancak 3D VİSTA sekansının spesifitesinin ve doğruluğunun 2D FS PD'ye göre daha düşük olduğu görülüyor. 3D VİSTA'nın menisküs yırtığı olmayan hastaları doğru saptama oranı daha düşüktür.

3D VİSTA, 2D FS PD ve artroskopiyile yırtık saptanan ve saptanmayan olgular çapraz tablo yöntemiyle karşılaştırıldı (tablo 4,5). MP'de artroskopide saptanan 34 tane yırtığın hepsini 3D VİSTA ve 2D FS PD sekanslarının ikisi de saptayabilmiştir. Ancak artroskopide yırtık saptanmayan 32 sağlam olgunun 7'sinde (%21.9) 3D VİSTA sekansı yanlış pozitif sonuç vererek yırtık saptamıştır. Sağlam olguların ancak %78.1'ini saptayabilmiştir. 2D FS PD sekansı ise 32 sağlam olgunun 2'sinde (%6.3) yanlış yırtık saptamış, 1 olguda ise şüpheli sonuç vermiştir. Sağlam olguların %90.6'sını saptayabilmiştir. Sonuç olarak her iki sekansın yırtık saptayabilme oranları (sensitivite) eşit olmasına rağmen 3D VİSTA'nın sağlam olguları saptayabilme oranı (spesifite) 2D FS

PD'ye göre daha düşüktür. Yırtık olmayan olgularda daha çok yanlış pozitif sonuç vermiştir.

Her iki sekansın yırtık saptama yönünden artroskopi sonuçlarıyla olan korelasyonu phi ve Cramer Rou değerleriyle belirlendi. 2 x 2 tablolarda Phi değeri, diğer tablolarda Cramer Rou değeri kullanıldı.

**Tablo 4:** Artroskopiyle 3D VİSTA sekansının MP'deki menisküs yırtıklarını saptamadaki tutarlılığı

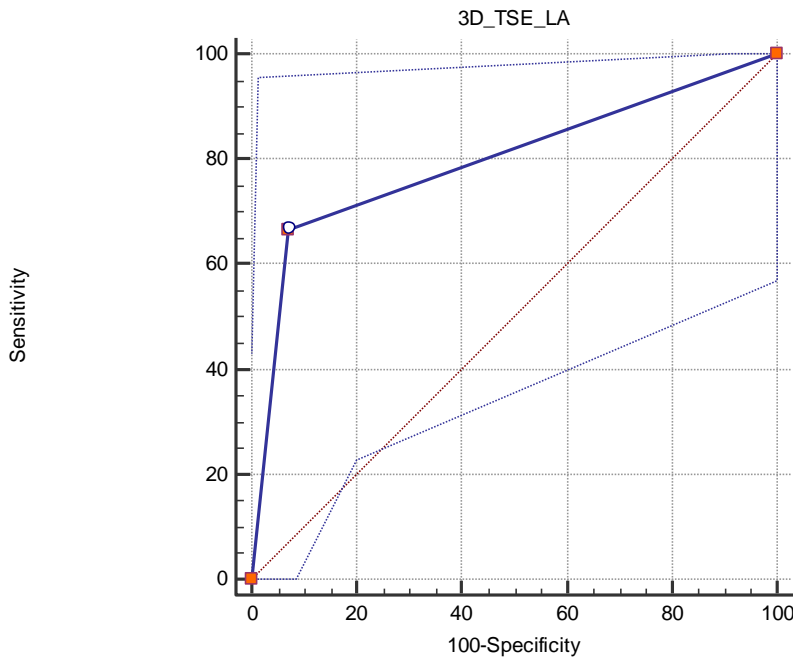
MP		3D VİSTA		TOPLAM
		YOK	VAR	
ARTROSKOPİ	YOK	25	7	32
	VAR	0	34	34
	TOPLAM	25	41	66

**Tablo 5:** Artroskopiyle 2D FS PD sekansının MP'deki menisküs yırtıklarını saptamadaki tutarlılığı

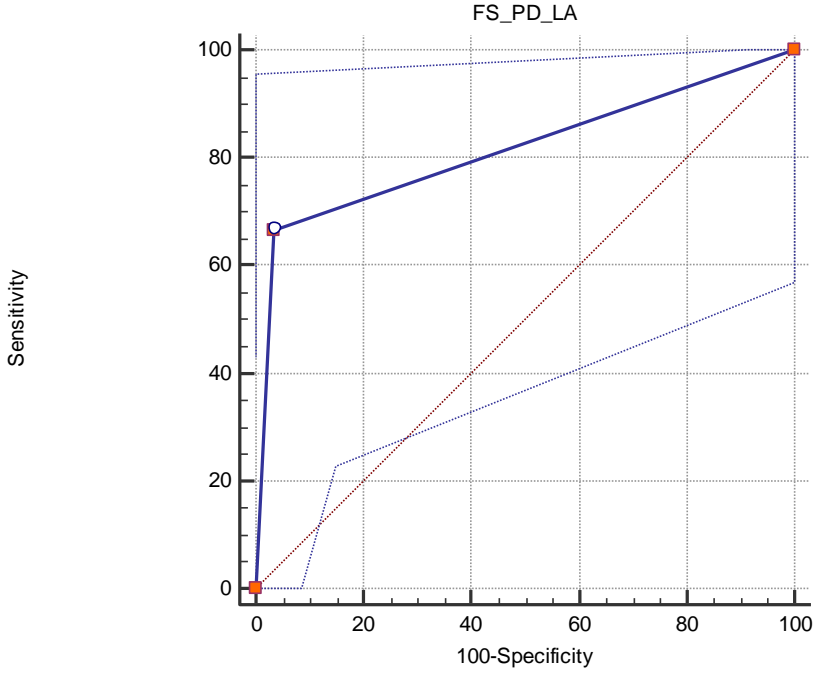
MP		2D FS PD			TOPLAM
		YOK	VAR	ŞÜPHELİ	
ARTROSKOPİ	YOK	29	2	1	32
	VAR	0	34	0	34
	TOPLAM	29	36	1	66

### 4.3.3 Lateral menisküs anteriordaki (LA) yırtıklar için istatistiksel veriler

Lateral menisküs anteriorda 66 olgunun 9'unda artroskopiyle yırtık saptandı. 3D VİSTA sekansının LA'daki yırtıkları saptamadaki etkinliğini saptamak için elde edilen ROC eğrisinin altında kalan alan 0.798 olarak hesaplandı (şekil 33). Bu değer 2D FS PD sekansı için 0.816 olarak bulundu (şekil 34). Her iki sekansın yırtık saptama etkinliğinde anlamlı fark bulunmadı.



**Şekil 33:** LA'daki yırtıkları saptamada 3D VİSTA sekansının etkinliğini gösteren ROC eğrisi



**Şekil 34:** LA'daki yırtıkları saptamada 2D FS PD sekansının etkinliğini gösteren ROC eğrisi

Lateral menisküs anteriordaki yırtıkları saptamada sensitivite, spesifite, pozitif ve negatif prediktif değerler her iki sekans için de ayrı ayrı hesaplandı. Tablo 6'deki veriler incelendiğinde iki sekansın LA'daki yırtıkları saptamada sensitivite ve spesifitesinin benzer olduğu ancak 3D VİSTA sekansının spesifitesine ve doğruluk oranlarının 2D FS PD'ye göre daha düşük olduğu görülüyor.

**Tablo 6:** LA'daki yırtıkları saptamada 3D VİSTA ve 2D FS PS sekanslarının sensitivite, spesifite, pozitif ve negatif prediktif değerleri

LA	Sensitivite	Spesifite	Doğruluk	(+)prediktif değer	(-) prediktif değer
<b>3D VİSTA</b>	%66,6	%92,2	%89,3	%60	%94,6
<b>2D FS PD</b>	%66,6	%96,4	%92,4	%75	%94,8

Olgu sayılarına göre incelediğimizde hem 3D VİSTA sekansı hem de 2D FS PD sekansı artroskopide saptanan 9 yırtığın 6'sını (%66.7) saptamıştır (tablo 7,8). Artroskopide yırtık olan 3 olguda hem 3D VİSTA hem de 2D FS PD sekansı yırtığı saptayamamıştır (yanlış negatif). 3D VİSTA sekansı artroskopide yırtık olmayan 57 olgunun 53'ünü doğru saptamış ancak 4 olguda (%7) yanlış pozitif olarak yırtık saptamıştır. 2D FS PD sekansı ise 57 sağlam olgunun 55'ini saptamış (%96.6) yanlış pozitif sonuç vermiştir.

**Tablo 7:** Artroskopiyle 3D VİSTA sekansının LA'daki menisküs yırtıklarını saptamadaki tutarlılığı

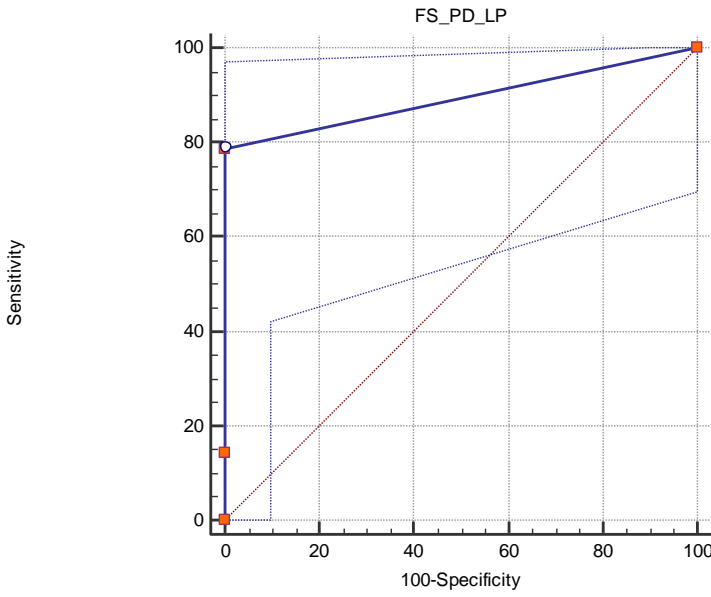
LA		3D VİSTA		TOPLAM
		YOK	VAR	
ARTROSKOPİ	YOK	53	4	47
	VAR	3	6	9
	TOPLAM	56	10	66

**Tablo 8:** Artroskopiyle 2D FS PD sekansının LA'daki menisküs yırtıklarını saptamadaki tutarlılığı

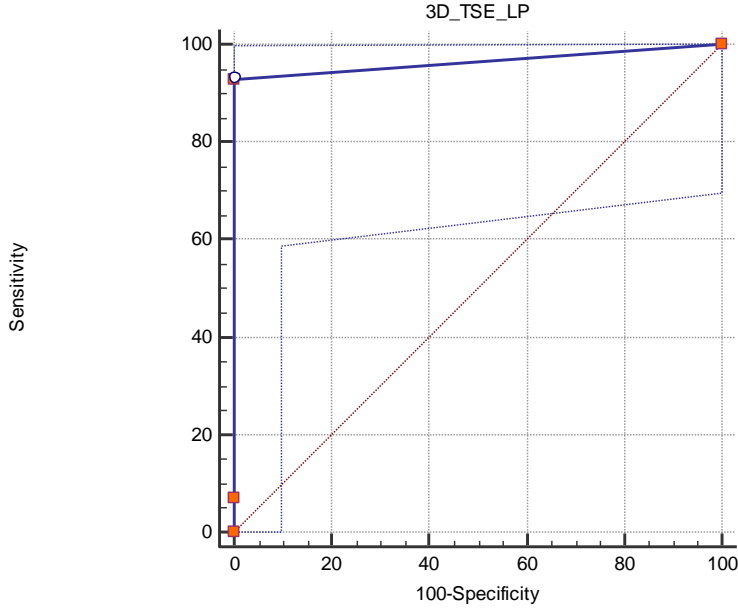
LA		2D FS PD		TOPLAM
		YOK	VAR	
ARTROSKOPİ	YOK	55	2	57
	VAR	3	6	34
	TOPLAM	58	8	66

#### 4.3.4 Lateral menisküs posteriordaki (LP) yırtıklar için istatistiksel veriler

Lateral menisküs posteriorda 66 olgunun 14'ünde yırtık saptandı. 3D VİSTA 3D VİSTA sekansının LP'deki yırtıkları saptamadaki etkinliğini saptamak için elde edilen ROC eğrisinin altında kalan alan 0.96 olarak hesaplandı (şekil 35). Bu değer 2D FS PD sekansı için 0.89 olarak bulundu (şekil 36).



**Şekil 35:** LP'deki yırtıkları saptamada 3D VİSTA sekansının etkinliğini gösteren ROC eğrisi



**Şekil 36:** LP'daki yırtıkları saptamada 2D FS PD sekansının etkinliğini gösteren ROC eğrisi

Lateral menisküs posteriordaki yırtıkları saptamada sensitivite, spesifite, pozitif ve negatif prediktif değerler her iki sekans için de ayrı ayrı hesaplandı (tablo 9). 3D VİSTA sekansının bu bölgedeki yırtıkları saptamada sensitivitesinin 2D FS PD'ye göre daha yüksek olduğu görüldü. Her iki sekansın spesifite değerleri ise eşit olarak hesaplandı. Doğruluk oranlarında ise anlamlı fark izlenmedi.

**Tablo 9:** LP deki yırtıkları saptamada 3D VİSTA ve 2D FS PS sekanslarının sensitivite, spesifite, pozitif ve negatif prediktif değerleri

LP	Sensitivite	Spesifite	Doğruluk	(+)prediktif değer	(-) prediktif değer
<b>3D VİSTA</b>	%92,8	% 100	%98.3	%100	%98
<b>2D FS PD</b>	%78,5	% 100	%95.8	%100	%94,2



Olgu sayılarına göre incelediğimizde 3D VİSTA sekansı LP’de artroskopide yırtığı bulunan 14 hastanın 12’sinde (%85.7) yırtığı saptayabilmiştir . 1 olguya yanlış negatif sonuç verirken 1 olguda şüpheli yırtık olarak değerlendirilmiştir (tablo10). 2D FS PD sekansı ise 14 hastanın 9’unda (64.5) yırtığı saptayabilmiştir. 2 olguda yırtık şüphesi izlenmişken yırtığı olan 3 olguda ise yırtık saptanmamıştır (tablo11). Artroskopide yırtığı olmayan 52 olguyu ise hem 3D VİSTA sekansı hem de 2D FS PD sekansı %100 oranında saptamıştır.

**Tablo 10:** Artroskopiyile 3D VİSTA sekansının LP’deki menisküs yırtıklarını saptamadaki tutarlılığı

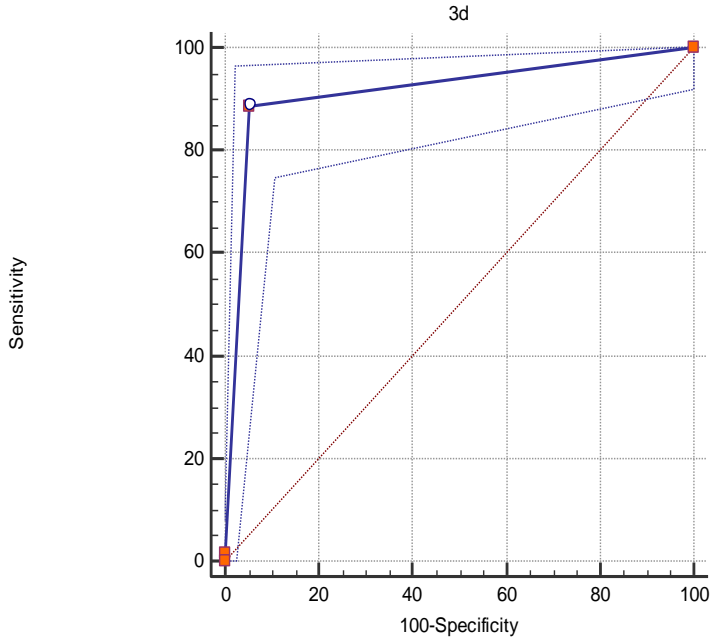
LP		3D VİSTA			TOPLAM
		YOK	VAR	ŞÜPHELİ	
ARTROSKOPİ	YOK	52	0	0	52
	VAR	1	12	1	14
	TOPLAM	53	12	1	66

**Tablo 11:** Artroskopiyile 2D FS PD sekansının LP’deki menisküs yırtıklarını saptamadaki tutarlılığı

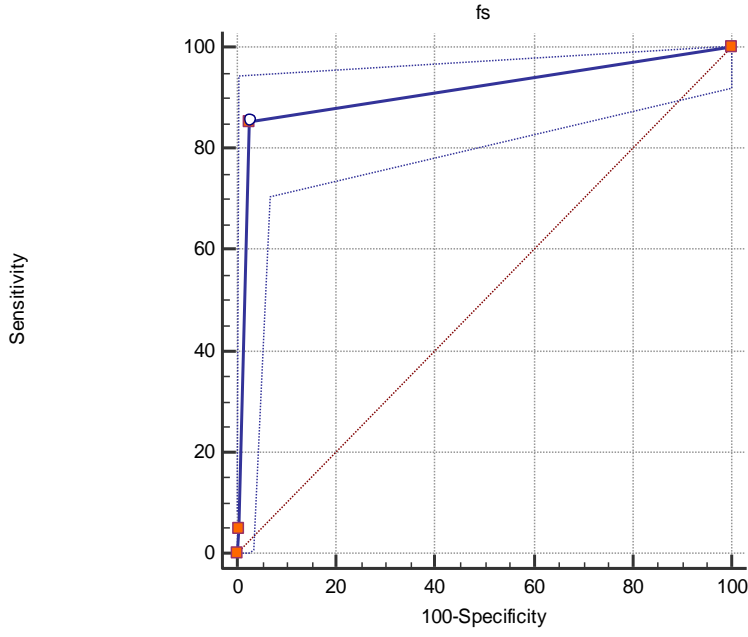
LP		2D FS PD			TOPLAM
		YOK	VAR	ŞÜPHELİ	
ARTROSKOPİ	YOK	52	0	0	52
	VAR	3	9	2	14
	TOPLAM	55	9	2	66

#### 4.3.5 Tüm bölgelerdeki menisküs yırtıklarının toplamı için istatistiksel veriler

Tüm menisküs bölgelerindeki toplam yırtıs sayısına göre elde edilen ROC eğrisinin altında kalan alan 3D VİSTA sekansı için 0.916 olarak hesaplandı. Bu değer göz önüne alınarak 3D PD VİSTA sekansının menisküs yırtıklarını tespit etmedeki etkinliğinin oldukça yüksek oranda olduğu görüldü ( $p < 0,0001$ ) (şekil 37). 2D FS PD sekansının tanısıl karar verdirici özelliğini gösteren değer olan eğrinin altında kalan 0.912 olarak hesaplandı ( $p < 0.0001$ ) (şekil 38). Sonuç olarak 3D PD VİSTA sekansının tanısıl karar verdirici özelliğinin (etkinliğinin) günümüzde rutin olarak kullanılan 2D FS PD ile oldukça benzer değerde olduğu görüldü (tablo 12).



Şekil 37: 3D PD VİSTA'nın menisküs yırtık saptamadaki etkinliğinin ROC eğrisi



**Şekil 38:** 2D FS PD'nin menisküs yırtık saptamadaki etkinliğinin ROC eğrisi

**Tablo 12:** Her iki sekansın bölgeler için ayrı ayrı menisküs yırtıklarını saptamadaki AUC değerleri

	MP		LA		LP		TOPLAM	
	3D VİSTA	2D FS PD	3D VİSTA	2D FS PD	3D VİSTA	2D FS PD	3D VİSTA	2D FS PD
<b>AUC</b>	0,89	0,93	0,79	0,81	0,96	0,89	0,916	0,912

Her iki sekansın tüm bölgeler için toplam menisküs yırtıklarını saptamadaki sensitivite, spesifite, negatif prediktif ve pozitif prediktif değerleri çıkarıldı (tablo13).

**Tablo 13:** Tüm menisküs yırtıkları saptamada 3D VİSTA ve 2D FS PS sekanslarının sensitivite, spesifite, pozitif ve negatif prediktif değerleri

TÜM	Sensitivite	Spesifite	Doğruluk	(+)prediktif değer	(-) prediktif değer
<b>3D VİSTA</b>	%88.52	%94.52	%92.5	%83.1	%96.5
<b>2D FS PD</b>	%85.25	%97.4	%93.6	%91.2	%95.7

3D VİSTA sekansının menisküs yırtık saptamadaki sensitivitesi 2D PD VİSTA'ya göre daha yüksektir. Ancak spesifite değeri 2D FS PD'ye göre daha düşük olarak bulundu. Artroskopide sağlam olan hastaları saptamada rutin kullanılan sekansa göre daha başarısız olduğu görüldü. Sağlam olan hastalarda daha yüksek oranda yanlış yırtık tanısı koyduğu görüldü (tablo13).

**Tablo 14:** Artroskopiyle 3D VİSTA sekansının tüm menisküs yırtıklarını saptamadaki tutarlılığı

TÜM	3D VİSTA				TOPLAM
	YOK	VAR	ŞÜPHELİ		
ARTROSKOPİ	YOK	192	11	0	203
	VAR	7	53	1	61
	TOPLAM	199	64	1	264

**Tablo 15:** Artroskopiyile 2D FS PD sekansının tüm menisküs yırtıklarını saptamadaki tutarlılığı

TÜM		2D FS PD			TOPLAM
		YOK	VAR	ŞÜPHELİ	
ARTROSKOPİ	YOK	198	4	1	203
	VAR	9	49	3	61
	TOPLAM	207	53	4	264

Artroskopide, 3D PD VİSTA'da ve 2D FS PD'de değerlendirilen menisküs bölgelerinin toplam sayılarını ki-kare testiyle karşılaştırdık (tablo 14,15). Artroskopide 61 menisküs bölgesinde yırtık saptandı. 3D VİSTA sekansı 61 yırtığın 53 tanesini ( % 86.9) saptamıştır. 7 tanesindeki yırtığı tespit edemezken 1 bölgede yırtığı şüpheli olarak göstermiştir. Artroskopide 203 menisküs bölgesinde yırtık saptanmadı. Yırtık saptanmayan bölgelerden 11 tanesinde 3D VİSTA sekansı yanlış pozitif yırtık saptadı. Sağlam olan menisküs bölgelerinin 192 tanesini ( 94.6) saptayabildi.

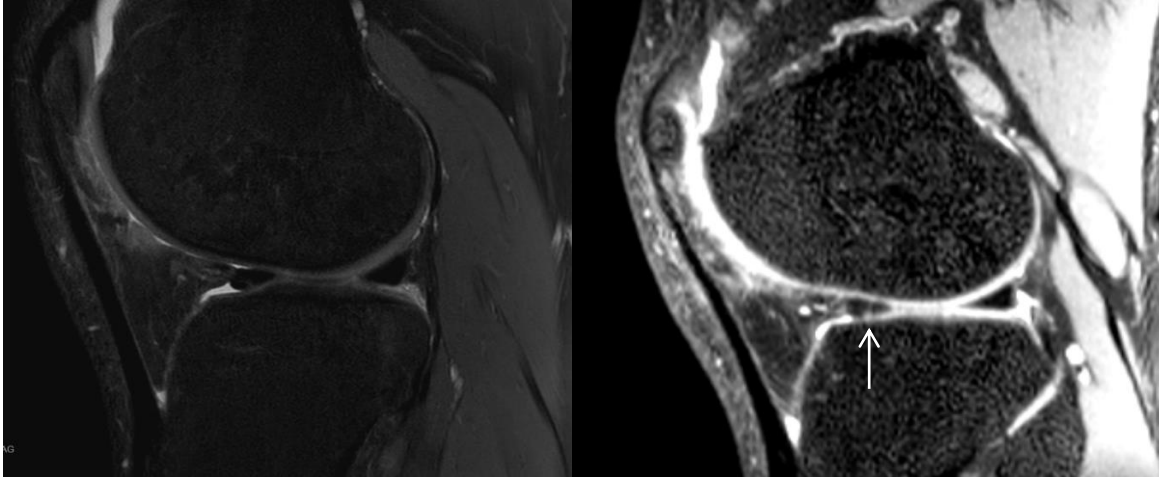
2D FS PD sekansı artroskopide saptanan 61 yırtıktan 49'unu ( %80.3 ) saptayabildi. 9 tanesindeki ( % 4.3) yırtığı saptayamazken 3 tanesinde şüpheli yırtık sonucu verdi. 203 sağlam menisküs bölgesinin 198'ini (97.5) saptayabildi. Bu bölgelerden 4 tanesinde yanlış pozitif yırtık saptadı.

#### 4.4 Her İki Sekansın Menisküs Yırtığı Değerlendirmesindeki Sonuçların korelasyonu

Her iki sekansın menisküs yırtığı saptamadaki sonuçlarının artroskopiyile korelasyonunu Cramer Rou değeri ile karşılaştırdık. Cramer Rou değeri 1'e yakın değerde ise 2 tetkik sonuçları arasında güçlü ilişki olduğunu göstermektedir. (0-0.24: çok zayıf, 0.25-0.49: zayıf, 0.50-0.69: orta, 0.70-0.89: güçlü, 0.90-1: çok güçlü) 3D VİSTA ile artroskopi tetkikinin menisküsteki yırtığı saptamadaki ilişkisini gösteren Cramer Rou değeri 0.814 olarak hesaplandı. 3D VİSTA'nın menisküs yırtığı saptamada artroskopi ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğu görüldü. 2D FS PD ile artroskopi tetkikinin menisküsteki yırtığı saptamadaki ilişkisini gösteren Cramer Rou değeri 0.849 olarak hesaplandı. 2D FS PD'nin menisküs yırtığı saptamada artroskopi ile güçlü bir şekilde ilişkili olduğu görüldü. 3D VİSTA ile 2D FS PD arasındaki ilişkiyi gösteren Cramer Rou değeri ise 0.720 olarak hesaplandı ( güçlü ilişki).

## 5 OLGU ÖRNEKLERİ:

**Olgu 1:** 43 yaşında erkek hasta, 1 hafta önce sağ dizde burkulma sonrası ağrı şikayetiyle Yeditepe Üni. Hastanesi'ne başvurmuştur. Çekilen diz MRG'sinde sagittal FS PD'de lateral menisküs anteriorda artiküler yüzeye ulaşmayan noktasal sinyal değişikliği görülürken (şekil 39a), 3D VİSTA görüntüsünde artiküler yüzeye uzanan vertikal meniskal yırtık ile uyumlu görünüm (ok) mevcuttur (şekil 39b). Hastaya yapılan artroskopi sonucunda lateral menisküste yırtık izlenmemiştir.

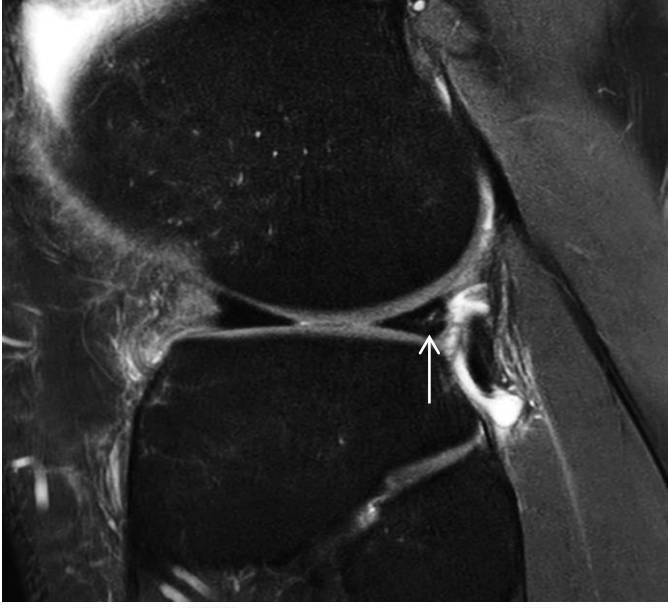


a. Sagittal FS PD

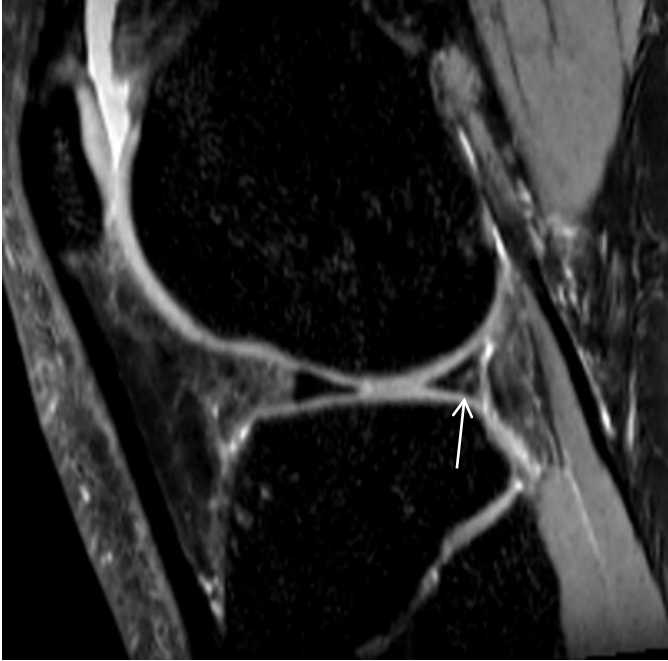
b. VİSTA sagittal reformat

**Şekil 39:** Lateral menisküs anteriorda VİSTA'da yanlış pozitif vertikal yırtık(ok)

**Olgu 2:** 23 yaşında erkek hasta 4 gün önce Amerikan futbolu oynarken uğradığı travma sonucu başlayan sağ diz ağrısı şikayetiyle Yeditepe Üni. Hastanesi'ne başvurmuştur. Çekilen diz MRG'sinde sagittal FS PD'de artiküler yüzeye ulaşmayan noktasal sinyal değişikliği görülürken (şekil 40a), 3D VİSTA görüntüsünde artiküler yüzeye uzanan vertikal yırtık görünümü (şekil 40b) mevcuttur. Hastaya yapılan artroskopi sonucunda lateral menisküs posteriorunda yırtık saptanmıştır. Bu olgu 2D FS PD'de izlenmeyen yırtığın, 3D VİSTA'nın saptadığını göstermektedir.



a.Sagital FS PD

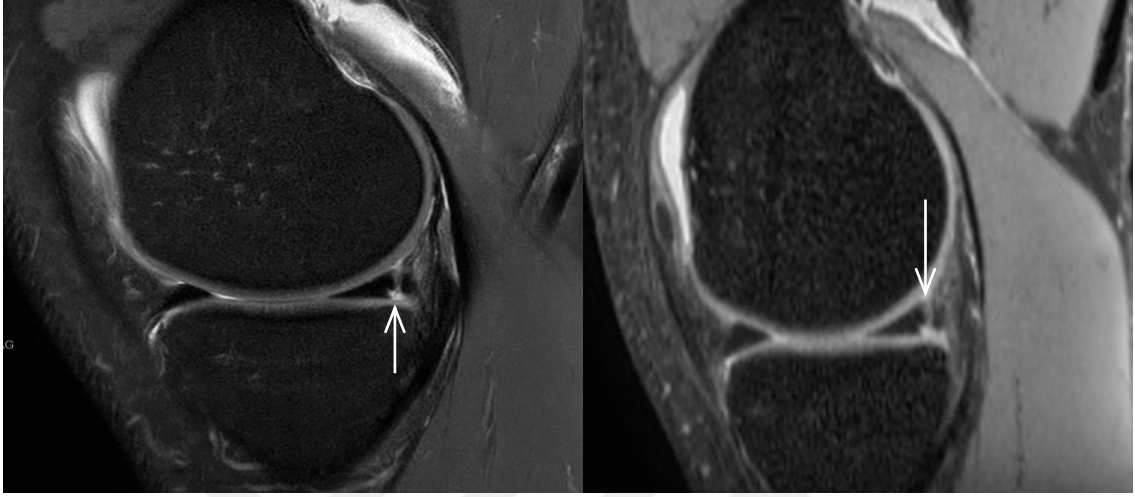


b.VİSTA sagital reformat

**Şekil 40:** Lateral menisküs posteriorda sadece VİSTA’da saptanan gerçek yırtık

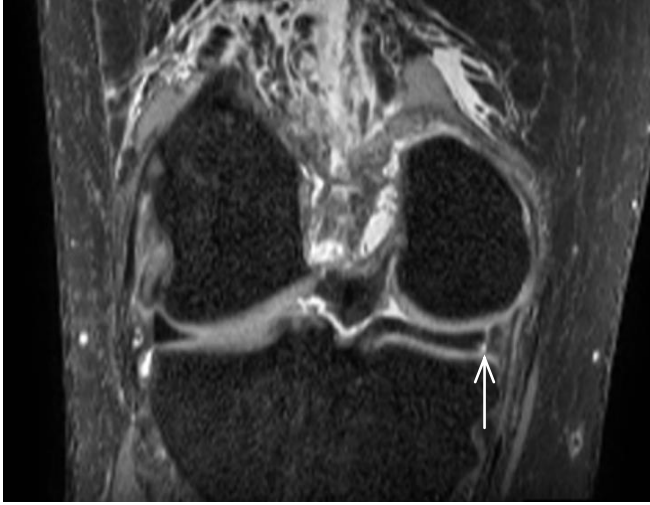


**Olgu 3:** 23 yaşında erkek hasta sağ dizde ağrı ve basamama şikayetiyle Yeditepe Üni. Hastanesi'ne başvurmuştur. Çekilen diz MRG'sinde medial menisküs posteriorda hem sagittal FS PD sekansında hem de 3D VİSTA'da vertikal yırtık görünümü mevcuttur (şekil 41,ok). Yapılan artroskopi sonucunda da bu bölgede vertikal yırtık olduğu saptanmıştır.



a.Sagittal FS PD

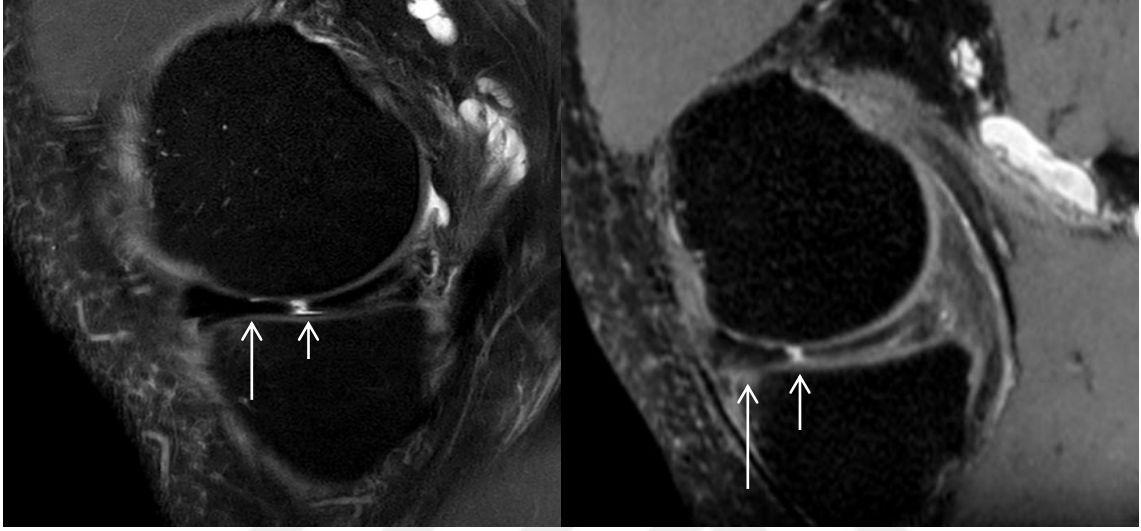
b. VİSTA sagittal reformat



c.VİSTA koronal reformat

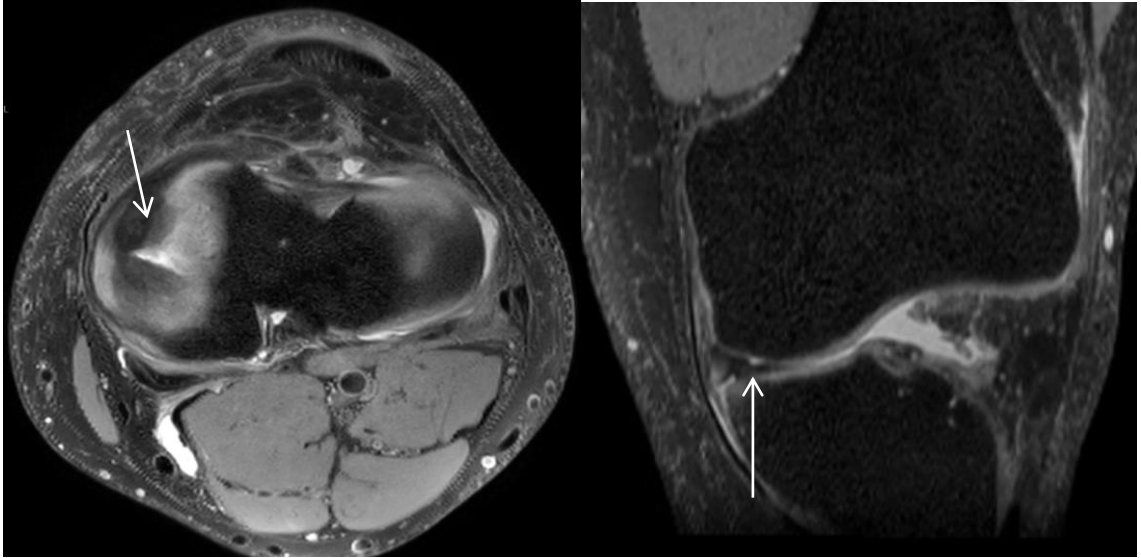
**Şekil 41:** Medial menisküs posteriorda vertikal yırtık

**Olgu 4 :** 46 yaşında erkek hasta 1 haftadır süren sol dizde ağrı ve şişlik şikayetiyle Yeditepe Üni. Hastanesi'ne başvurmuştur. Çekilen diz MRG'sinde hem sagittal FS PD sekansında hem de 3D VISTA'da medial menisküs korpus düzeyinde künt görünüm (kısa ok) ve anterior boynuz komşuluğunda deplase meniskal fragman (uzun ok) izlenmiştir (şekil 42). Yapılan artroskopiyle bu tanı doğrulanmıştır.



a.Sagittal FS PD

b. VISTA sagittal reformat

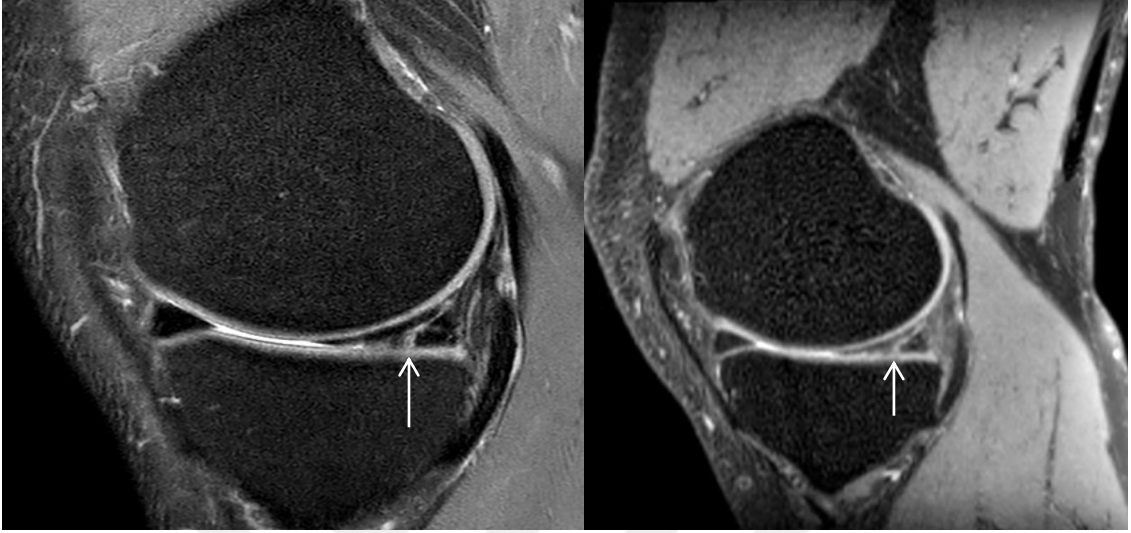


c.Aksiyal VISTA

d. VISTA koronal reformat

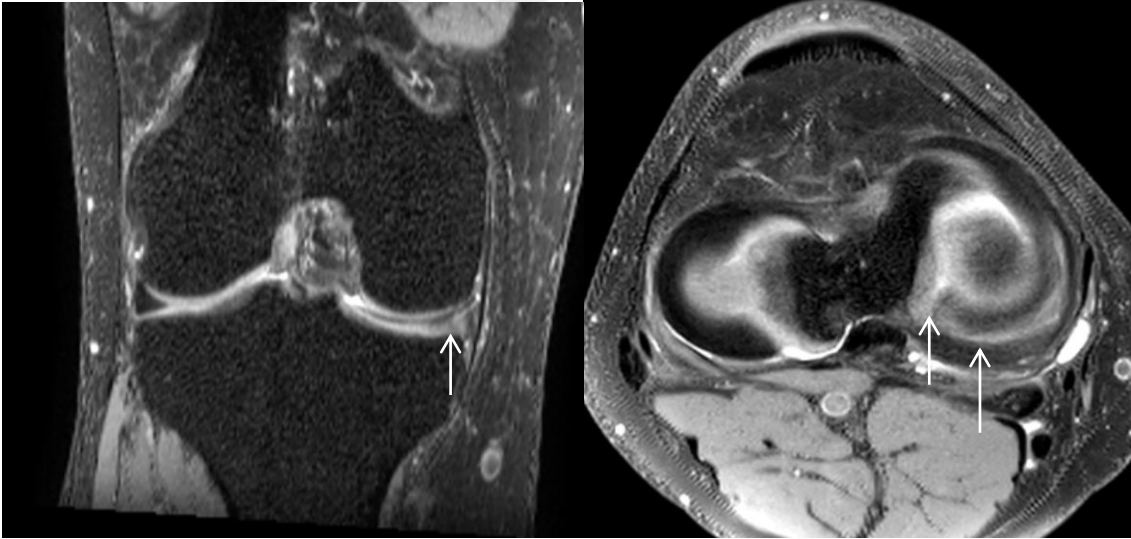
**Şekil 42:** Medial menisküs korpusta küntleşme ve anterior boynuz komşuluğunda deplase fragman

**Olgu 5:** 46 yaşında erkek hasta sağ dizde ağrı şikayetiyle Yeditepe Üni. Hastanesi'ne başvurmuştur. Medial menisküs posteriorda horizontal oblik ve vertikal komponentleri bulunan kompleks yırtık mevcuttur (şekil 43).



a.Sagittal FS PD

b. VİSTA sagittal reformat

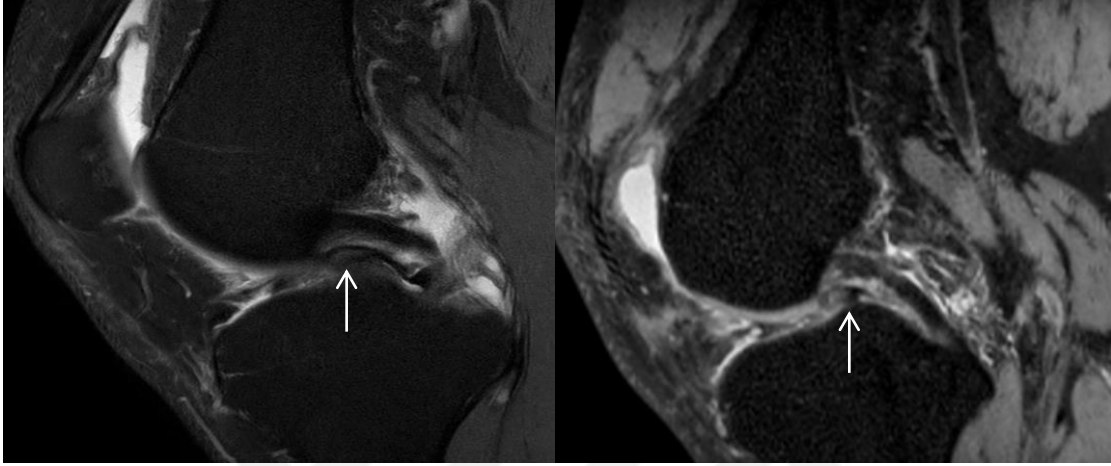


c. VİSTA koronal reformat

d.Aksiyal VİSTA

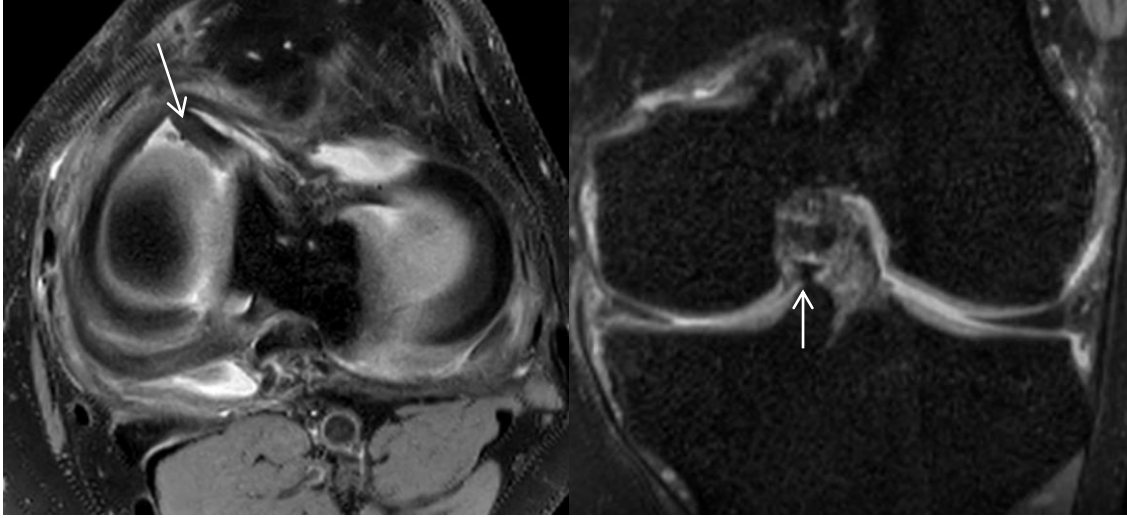
**Şekil 43:** Medial menisküs posteriorda horizontal oblik ve vertikal komponentleri bulunan kompleks yırtık

**Olgu 6:** 34 yaşında erkek hasta son 3 gündür sol dizde ağrı şikayetiyle Yeditepe Üni. Hastanesi'ne başvurmuştur. Çekilen MRG'de medial menisküste kova sapı yırtığı saptanmıştır (şekil 44). Sagittal görüntülerde deplase meniskal fragman (ok) çift AÇB bulgusuna neden olmaktadır (şekil 44a,b). MRG sonrası yapılan artroskopide bu tanı doğrulanmıştır.



a.Sagittal FS PD

b. VISTA sagittal reformat

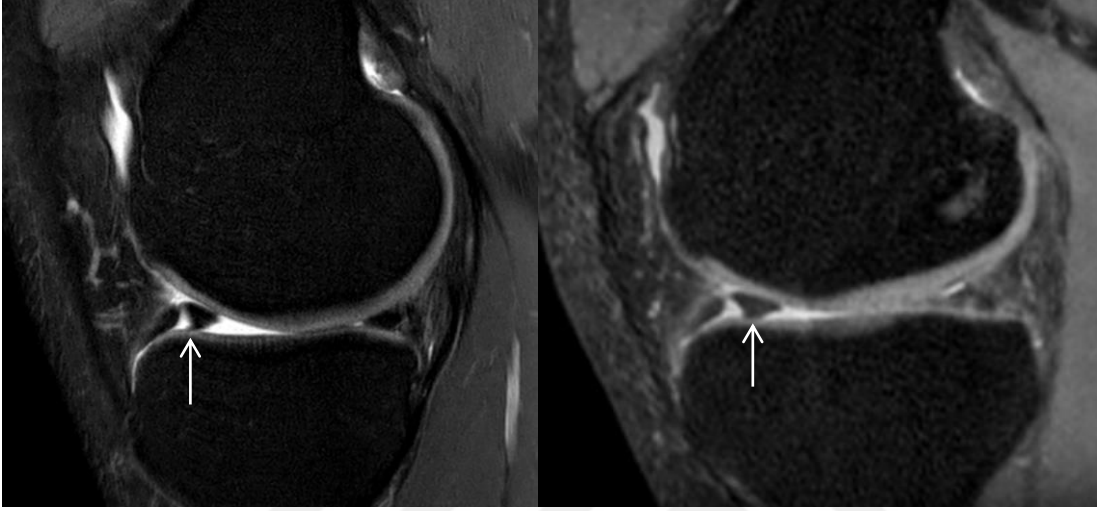


c.Aksiyal VISTA

d. VISTA koronal reformat

**Şekil 44:** Medial menisküste kova sapı yırtığı ve çift AÇB bulgusu

**Olgu 7:** 40 yaşında erkek hasta 5 gün önce düşme sonrası sol dizde ağrı ve şişlik şikayetiyle Yeditepe Üni. Hastanesi'ne başvurmuştur. Çekilen MRG'de medial menisküste kova sapı yırtığı saptanmıştır (şekil 45). Sagittal görüntülerde anterior menisküse deplase olan meniskal fragman (ok) çift delta görünümüne neden olmaktadır (şekil 45a,b). MRG sonrası yapılan artroskopide bu tanı doğrulanmıştır.



a.Sagittal FS PD

b.VİSTA sagittal reformat



c.Aksiyal VİSTA

**Şekil 45:** Medial menisküste kova sapı yırtığı ve çift delta bulgusu

## 6 TARTIŞMA:

Günümüzde spor faaliyetlerinin artması ve yaşam şartlarının aktifleşmesiyle travmatik eklem yaralanmaları oldukça sık görülmektedir. Yaralanmaya açık olan eklemlerin başında diz eklemi gelmektedir. Diz eklemi yaralanmaları içerisinde ÖÇB ve AÇB yırtıkları ile birlikte menisküs yırtıkları büyük yer kaplar (1).

Manyetik rezonans görüntüleme, günümüzde diz yaralanmalarının değerlendirilmesinde fizik muayeneyi tamamlayan hızlı ve invaziv olmayan bir yöntem olarak oldukça sık kullanılmaktadır (93). Dizdeki kemik yaralanmalarının saptanmasında daha çok konvansiyonel grafiler veya bilgisayarlı tomografi gibi tetkikler sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak tendon, ligaman menisküsler gibi yumuşak dokuların değerlendirilmesinde oldukça iyi yumuşak doku kontrastına sahip MRG tekniği diğer görüntüleme yöntemlerinden üstündür (94). Diz eklemine değerlendirilmesinde MRG'nin kullanılması ilk kez 1983 yılında Kean, Moon ve arkadaşları tarafından uygulanmıştır (95).

Çoğu merkezde diz eklemine değerlendirmede PD ve T2 ağırlıklı FSE sekansları kullanılmaktadır (15,96–98). Bu sekanslar, doku kontrastı ve kesit içi uzaysal çözünürlükleri oldukça yüksek olduğundan diz içindeki kompleks anatomiye sahip yapıları değerlendirmede oldukça başarılıdır. Ancak kesit kalınlığı görece yüksek olduğu ve kesitler arası boşluklar olduğu için parsiyal volüm etkisine bağlı olarak bazı lezyonlar gözden kaçabilmektedir (77). Ayrıca izovolümetrik olmayan bu görüntülerden reformat yapılamadığı için tüm planlarda görüntüler alma gerekliliği vardır. Bu da MRG süresinin uzamasına, hasta konforunun düşmesine ve hareket artefaktlarının artmasına neden olur (11).

Menisküs yırtıklarının saptanmasında en yararlı plan sagittal plandır (99). Bu nedenle biz de araştırmamızda sagittal 2D FS PD sekansını kullanarak menisküs yırtıklarını değerlendirdik. PD ağırlıklı FSE sekanslarının çapraz bağ yırtıkları ve menisküs yırtıkları için yüksek sensitivite ve spesifite değerlerine sahip oldukları birçok makaleyle kanıtlanmıştır (100–103). Yoon ve arkadaşlarının 1 mm kesit kalınlığındaki 2D PD FSE ile yaptığı bir araştırmada (104) menisküs yırtıklarını saptamadaki sensitivite spesifite ve

doğruluk oranları sırasıyla %90, %100 ve %96 olarak bulunmuştur. Bu değerler ÖÇB ve AÇB yırtıklarının saptanmasında %100 olarak raporlanmıştır.

Lateral menisküsteki yırtıkların; yırtık boyutu küçük olduğunda veya lateral menisküs posterioru kompleks anatomiye sahip olduğundan MRG'de görülme olasılığının yüksek olduğu bu nedenle lateral menisküsteki yırtıkları saptamada MRG'nin sensitivitesinin medial menisküse oranla daha düşük olduğu daha önce raporlanmıştır (105).

Bizim çalışmamızda menisküs yırtıklarının 2D PD FSE sekansı ile saptanmasındaki bölgesel sensitivite değerlerine baktığımızda lateral menisküste sensitivite değerleri daha düşük olduğu görülmektedir. 2D FS PD'nin MP'deki yırtıkları saptamada sensitivitesi %100 iken bu değer LA için %66.6, LP için % 78.5 olarak bulunmuştur.

3 boyutlu MRG yöntemleri kas iskelet sisteminde uzun zamandır kullanılmaktadır (106–108). Son yıllara kadar genelde gradient eko (GRE) yöntemleri kullanılmaktaydı. GRE kıkırdak anomalilerini iyi oranda saptayabilse de menisküs ve ligamanların değerlendirilmesinde 2D FSE'ye göre daha az başarılıdır (109,110). Son yıllarda yeni bir 3D görüntüleme yöntemi olan volüm izotropik 3D FSE yöntemleri çeşitli MRG firmaları tarafından klinik kullanım için piyasaya sürülmüştür. Bu yöntemlerin kesit içi uzaysal rezolüsyonu 2D FSE eko yöntemine göre daha kötü olsa da iyi SNR (sinyal gürültü oranı)'na olan izotropik vokselli görüntüler kısa sürede elde edilebiliyor. İzotropik vokseller ile aynı görüntü kalitesinde tüm planlarda görüntüler elde edilebilmektedir (16,111).

Son yıllarda 3D FSE yöntemlerinin, kıkırdak değerlendirmesinin yanı sıra meniskal ve ligaman sorunlarını değerlendirmede klinik kullanımda 2D FSE sekanslarının yerini alabilme konusundaki etkinliği araştırılmaktadır (112). Literatürde dizin internal anatomisini değerlendirmede 3D FSE ile 2 boyutlu yöntemleri karşılaştıran makaleler mevcuttur.

2007 yılında Gold ve arkadaşları 3D FSE extended acho train acq. ( XETA) ile ilgili ilk klinik araştırmayı yayınlamıştır. Bu araştırma 1.5 T MRG cihazıyla (Signa Excite HDx, GE Healthcare) 10 sağlıklı gönüllü üzerinde yapılmıştır (17). Araştırmacılar diz eklemine değerlendirmede hızlı izotropik görüntüleme yapılarak MRG süresinin azaltılabileceği ve

klirik etkinliğinde arttırılabileceği sonucuna varmıştır. Ristow ve arkadaşları da 3D XETA sekansıyla 3T MRG cihazında ( Signa, GE Healthcare) 50 hasta ve 3 değerlendirici bulunan bir çalışma yapmıştır. Bu araştırma sonucunda meniskal, ligamantöz ve kıkırdak lezyonlarını saptamada XETA ve 2D görüntüleme yöntemleri arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Ancak kemik iliği anomalilerini saptamada 2 boyutlu görüntülerin daha iyi olduğu, ayrıca 2 boyutlu görüntülerin görüntü kalitesinin yine daha iyi olduğu sonucunu bulmuştur (11).

Duc ve arkadaşları (113) 3 boyutlu FISP “fast imaging with steady state precession” sekansının menisküs, kıkırdak ve B sorunlarını saptamadaki accuracy oranlarını 29 hasta üzerinde araştırmıştır. Altın standart yöntem olarak artroskopiy kullanılmıştır. 3D FISP’in ve 2D FSE yöntemlerinin tanısal değerinin benzer olduğu sonucuna varılmıştır. 3D FISP sekansının medial menisküs yırtıklarını saptamadaki sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri sırasıyla %100, %82, %90; lateral menisküs yırtıkları için bu değerler %83, %83, %83 olarak bulunmuştur.

Kijowsky ve arkadaşları 2008 yılında 100 hasta üzerinde 3D izotropik FSE yöntemi olan 3D-Cube sekansı ile ilgili bir araştırma yapmıştır. Araştırmada 3D-Cube sekansıyla diz MRG incelemesinde rutin kullanılan diğer sekansların (aksiyel FS T2, Koronal PD , koronal FS PD, sağital FS T2 ve sağital PD) diagnostik performansları karşılaştırılmıştır. FSE-Cube için kullanılan sekans parametreleri TR: 2200, TE: 24, Matriks boyutu: 224 x224 mm, FOV: 15 cm ,ETL: 44 ve çekim süresi 5 dakika olarak ayarlanmıştır. MRG bulguları 10 ve 25 yıllık deneyime sahip iki radyolog tarafından değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda 52 medial menisküs yırtığı ve 35 lateral menisküs yırtığını saptamada 3D-Cube ile 2D yöntemler arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Medial menisküs yırtıklarını saptamada 3D-Cube sekansının sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri sırasıyla %98.1, %70.8 ve %85 olarak hesaplanırken bu değerler 2D sekanslar için sırasıyla %97.1, %65.1 ve %82 olarak bulunmuştur. Lateral menisküs yırtıklarını saptamada 3D-Cube sekansının sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri sırasıyla %72.9, %85.8 ve %81 olarak hesaplanırken bu değerler 2D sekanslar için sırasıyla %80, %79.2 ve %79.5 olarak bulunmuştur (114).

Subhas ve arkadaşlarının 2010 yılında yaptığı araştırmada 6 farklı radyolog 100 MRG görüntüsünü değerlendirmiştir. Bu araştırmada 3D izotropik FSE tekniği olan 3D-SPACE (Sampling Perfection with Application optimized Contrast) sekansı multiplanar 2D FSE ile



karşılaştırılmıştır. Kullanılan sagittal SPACE sekansının parametreleri TR: 1000, TE: 44, kesit kalınlığı: 0.6mm, FOV: 16 cm, matriks boyutu: 320 x 282 ve çekim süresi 4 dakika 52 saniye olarak ayarlanmıştır. Bu araştırmada sekansların etkinlikleri ROC eğrisi altında kalan (AUC) alan hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Medial menisküsteki yırtıkları saptamada 3D SPACE'in ortalama eğri altında kalan alanı istatistiksel olarak 2D sekanslarından düşük çıkmıştır (p: 0.01). 2D sekanslarda bu değer 0.931 iken 3D SPACE için bu değer 0.893 çıkmıştır. Lateral menisküs yırtıkları için de 2D sekansların eğri altında kalan alanları 3D- SPACE'e göre daha yüksek çıkmıştır ancak bu istatistiksel olarak anlamlı bir fark değildir (p:0.66). 2D sekanslarda bu değer 0.845 iken 3D-SPACE'de 0.807 olarak bulunmuştur (112).

Kijowsky ve arkadaşlarının 2012 yılında 3D- Cube ile 250 hasta üzerinden menisküs değerlendirmesinde 3D izotropik FSE'nin etkinliğini araştırdıkları başka bir araştırma mevcuttur. Bu araştırmada kullanılan 3D-Cube sekansının parametreleri TR: 2200 TE: 24, kesit kalınlığı: 0.7 mm, FOV: 15 cm, matriks volümü: 224 x224, ETL: 44 ve sekans süresi: 5 dakika olarak belirlenmiştir. 156 tane medial menisküs yırtığını saptamada 3D- Cube sensitivite ve spesifite değerleri sırasıyla %95.5 ve % 69.8 olarak bulunurken rutin MR protokolünde bu değerler % 95.3 ve % 74.8 olarak bulunmuş. 89 tane lateral menisküs yırtığını saptamada 3D- Cube sensitivite ve spesifite değerleri sırasıyla %79.4 ve % 83.9 olarak bulunurken rutin MR protokolünde bu değerler % 85.0 ve % 82.2 olarak hesaplanmıştır. Medial menisküs saptanmasında sensitivite ve spesifite değerleriyle lateral menisküs yırtığı saptamadaki spesifite değerlerinde iki tetkik arasında anlamlı fark bulunmamıştır. Ancak 3D-Cube sekansının lateral menisküs yırtıklarını saptamadaki sensitivitesi rutin MRG'ye göre istatistiksel olarak düşük çıkmıştır (p<0.5) (115).

Van Dyck ve arkadaşlarının 2012 yılında yaptığı çalışmada 40 hasta üzerinde 3D SPACE sekansının diagnostik performansı 3 radyolog tarafından araştırılmıştır. 3D ve 2D sekansların karşılaştırılmasında bizim de araştırmamızda kullanılan McNemar's testi kullanılmıştır. 3D SPACE'in sekans parametreleri TR: 1200, TE: 47, kesit kalınlığı: 0.65mm, FOV: 18cm, ETL: 46, sekans süresi 10 dakika 51 saniyesi olarak belirlenmiştir. Araştırmada 24 medial menisküs yırtığı, 8 lateral menisküs yırtığı tespit edilmiştir. Medial menisküs için 2D tekniği 3D SPACE'e göre daha iyi performans göstermiştir. Doğruluk oranları sırasıyla %85-88 ve %78-80 olarak hesaplanmıştır. Lateral menisküs için iki yöntem benzer tanısal performans göstermiştir (doğruluk oranları > %93). Sonuç olarak 3

T MRG’de diz değerlendirilmesinde 2D yöntemlerin 3D SPACE’e göre daha güvenilir olarak kabul edilmiştir (116).

Araştırmamızda etkinliğini araştırdığımız 3D PD VİSTA sekansı da volüm izotropik 3D FSE sekansıdır. Bu sekansta uzaysal selektif olmayan ve farklı sapma açlarına sahip RF pulsları kullanılarak eko aralığı ve tetkik süresi azaltılmıştır (118). Bu sekansta kesitler 2D FS PD’ye göre daha ince olduğu için ve kesitler arası boşluk olmadığı için parsiyel volüm etkisi oldukça azdır ve kompleks anatomik yapıların değerlendirilmesinde avantaj sağlayabilir (17).

2013 yılında Lim ve arkadaşları VİSTA sekansının menisküsteki radyal yırtıkları ve meniskal kök yırtıkları saptamada etkinliğini araştıran bir çalışma yapmıştır. Bu araştırmada kullanılan VİSTA sekansının parametreleri TR: 1400 , TE: 32, matriks boyutu 320 x320, kesit kalınlığı: 0.5 mm, FOV:16 cm, ETL: 63 ve tetkik süresi 7 dakika 5 saniye olarak ayarlanmıştır. Elde edilen görüntüler haricinde ayrıca araştırmacı tarafından iş istasyonunda medial ve lateral menisküsler için aksiyel reformat görüntüler de elde edilmiştir. 2 radyolog tarafından 23 hasta ile yapılan bu çalışmada 3D VİSTA sekansının sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri her iki radyolog tarafından sırasıyla %96, %96, %96 olarak bulunmuştur. 2D sekansların sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri 1. Radyolog tarafından sırasıyla %91, %91, %91 2. Radyolog tarafından sırasıyla %83, %91, 89 olarak bulunmuştur. Bu araştırmada FS 3D VİSTA sekansı radyal yırtıkları ve kök yırtıkları gibi 2D görüntülere göre daha başarılı olduğu ayrıca radyolog tarafından oluşturulan aksiyal reformat görüntünün de faydalı olduğu görülmüştür (117).

2014 yılında yine Lim ve arkadaşları tarafından 137 hasta üzerinde yapılan bir araştırmada dizin internal yapılarını değerlendirmede VİSTA sekansı ile 2D sekans karşılaştırılmıştır. Bu araştırmada 3T MRG sistemi ve 8 kanallı diz koili kullanılmıştır. Görüntüler 2 radyolog tarafından değerlendirilmiştir. Lateral menisküs yırtığını saptamada VİSTA sekansının sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri sırasıyla %95.2, %90.8 ve % 91.2 olarak bulunurken rutin MR protokolünde bu değerler % 92.9, % 88.9 ve % 89.9 olarak hesaplanmıştır. Medial menisküs yırtığını saptamada VİSTA sekansının sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri sırasıyla %94.9, %87 ve % 91 olarak bulunurken rutin MR protokolünde bu değerler % 93.4, % 85 ve % 88.4 olarak hesaplanmıştır. 3D VİSTA ile 2D görüntülemenin diagnostik değerlerinde anlamlı fark bulunmamıştır ( $p>0.05$ ). Bu

araştırmada aynı tanısal değere sahip olması ve daha kısa tetkik süresi olması nedeniyle 3D VİSTA, 2 boyutlu görüntülemenin yerini alabileceği sonucuna varılmıştır (118).

Araştırmamızda 3D VİSTA sekansı kullanıldı. Hasta görüntüleri 3T MRG sistemi (Ingenia, Philips Healthcare) ve 16 kanallı diz koili kullanılarak yapıldı. Araştırmamızda kullanılan VİSTA sekansının parametreleri TR: 1300, TE: 28, kesit kalınlığı: 0.8 mm, FOV: 16 cm, matriks boyutu: 251 x 512, ETL: ,tetkik süresi: 5 dakika 22 saniyedir. Artroskopisinde menisküs yırtığı saptanmayan ve 2D ve 3D görüntülerinde menisküs sinyalleri normal olan 5 olgunun MR görüntülerinden yapılan ROİ ölçümleri sonucunda; 3D PD VİSTA sekansının menisküs için ortalama SNR değeri  $20.7 \pm 3.8$  iken 2D FS PD sekansının SNR değeri  $9.3 \pm 6.2$  olarak bulundu. Her iki sekansın menisküs için CNR değerleri ise sırasıyla  $134 \pm 3.3$  ve  $168 \pm 4.3$  olarak hesaplandı. 3D VİSTA'nın SNR değeri 2D FS PD'den fazla olsa da CNR değeri daha düşük olarak hesaplandı.

Araştırmada 65 hastadan elde edilen 66 diz MRG'sinde menisküs yırtıkları menisküsler MA, MP, LA ve LP olmak üzere dört bölgeye ayrılarak incelendi. MA'da sadece 3 yırtık saptandığından anlamlı sonuçlar çıkmadı. MP'deki yırtıkları saptamada 3D VİSTA'nın sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri sırasıyla %100, %78.4, %89.3 bulunurken 2D FS PD için bu değerler sırasıyla %100, %90.6, %96.5 olarak hesaplanmıştır. LA'deki yırtıkları saptamada 3D VİSTA'nın sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri sırasıyla %66.6, %92.2, %89.3 bulunurken 2D FS PD için bu değerler sırasıyla %66.6, %96.4, %92.42 olarak hesaplanmıştır. LP'deki yırtıkları saptamada 3D VİSTA'nın sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri sırasıyla %92.8, %100, %98.38 bulunurken 2D FS PD için bu değerler sırasıyla %78.5, %100, %95.08 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre 3D VİSTA sekansının MP'deki yırtıkları saptamada spesifite ve doğruluk oranları 2D sekansa göre daha düşüktür. Kompleks anatomiye sahip LP'deki yırtıkları saptamada ise 3D VİSTA'nın sensitivite ve doğruluğu 2D sekansa göre daha yüksektir. 3D VİSTA; kesit kalınlığı daha ince olduğu ve kesitler arası boşluk olmadığı için kompleks yapıları değerlendirmede daha başarılıdır. Tüm bölgelerdeki yırtık sayılarının toplamıyla yapılan istatistiksel değerlendirmede 3D VİSTA'nın sensitivite, spesifite ve doğruluk değerleri sırasıyla %88.2, %94.5, %92.8 bulunurken 2D FS PD için bu değerler sırasıyla %85.5, %97.5, %93.6 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlere göre menisküs yırtığı saptamada 3D VİSTA'nın sensitivitesi 2D FS PD'ye göre yüksekken spesifite değeri daha düşüktür. Tüm bölgerdeki menisküs yırtığını saptamadaki AUC değerleri 3D VİSTA sekansının 0.916

iken 2D FS PD'nin ise 0.912 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler arasında anlamlı fark izlenmemiştir. Her iki sekansın da menisküs yırtıklarını saptamadaki etkinliği oldukça yüksektir.

Menisküs yırtıklarını saptamada 3D VİSTA ile artroskopi sonuçları arasındaki Cramer Rou değeri 0.814 hesaplandı. 3D VİSTA sekansı yırtık saptamada artroskopi ile güçlü bir şekilde koreledir. Bu değer 2D FS PD için 0.849 olarak hesaplandı. 3D VİSTA ile 2D FS PD sonuçları arasındaki Cramer Rou değeri ise 0.735 olarak bulundu. 2 sekansın sonuçları birbirleri ile güçlü bir şekilde koreledir.

Araştırmamızın bazı limitasyonları vardır. Bu limitasyonlardan ilki hastaların MR görüntülerinin retrospektif olarak değerlendirilmesidir. Hastalar tek bir radyolog tarafından değerlendirildiğinden elde edilen sonuçlar tek bir gözlemciye aittir. Bu görüntülerin başka bir radyolog tarafından daha değerlendirilip gözlemciler arasındaki uyuma bakılması gerekir. Artroskopi yapılan hastaların görüntüleri değerlendirildiğinden gözlemcinin şüpheli lezyonlara pozitif deme oranı artmış olabilir. 3D VİSTA'nın yüksek yanlış pozitif değerleri buna bağlı olabilir. 2D FS PD görüntüleri ile 3D VİSTA görüntülerinin değerlendirilmesi arasında 1 hafta ara verilse de bu süre yeterli değildir. İki sekansın birbirinden etkilenilmeden değerlendirilmesi için iki değerlendirme arasında daha fazla süre olması daha uygun olabilir.

Sonuç olarak, 3D VİSTA'nın menisküs yırtıklarını saptamadaki tanısal değeri oldukça yüksektir ve 2D FS PD ile benzer değerlerdedir. Bu nedenle klinik uygulamada 2D FS PD yerine kullanılabilir. Ancak yanlış pozitif değerlerin 2D FS PD'ye göre biraz daha fazla olduğunu unutmamak gerekir. Gelecek yıllarda 3D VİSTA'nın uzaysal çözünürlüğünü arttıracak optimizasyon metotlarıyla daha da iyi sonuçlar elde edilebilir. 3D VİSTA sekansı izovolümetrik olduğundan aynı kalitede tüm planlarda görüntü elde edilebilmesiyle ve parsiyel volum etkisinin minimum olmasıyla gelecekte klinik kullanımda umut vaat etmektedir.

## 7 SONUÇ:

Günümüzde kas-iskelet sistemi ve diz eklemi görüntülemeye FS PD veya T2 ağırlıklı FSE sekansları kullanılmaktadır. Bu sekansların kontrast çözünürlükleri oldukça iyi olduğundan kompleks anatomik yapıları çok iyi gösterirler. Ancak izotropik volümde olmadıklarından her plan için ayrı görüntüler almak gerekir. Bu da tetkik süresini uzatmaktadır. Ayrıca kesit kalınlığı görece kalın olduğundan ve kesitler arası boşluk olduğundan bazı ufak lezyonlar parsiyel volüm etkisi nedeniyle atlanabilmektedir.

Bu nedenle son yıllarda bu sekansların klinik uygulamada yerini alabilecek 3D volüm izotropik sekanslar üzerinde araştırmalar yapılmaktadır. Bu sekanslar izometrik vokselli olduğundan tek plan görüntülerden tüm planlarda aynı görüntü kalitesinde reformat görüntüler elde edilebilmektedir. Böylece diz eklemi değerlendirmesi için tetkik süreleri kısalmaktadır.

Bu araştırmada volüm izotropik FSE sekansı olan 3D VİSTA sekansının menisküs yırtıklarını saptamadaki etkinliği artroskopi verileriyle korele edilerek araştırıldı. Menisküs yırtığı değerlendirmesinde 3D VİSTA'nın 2D FS PD sekansına oldukça yakın sonuçlar verdiği görüldü.

## 8 ETİK KURUL ONAY DİLEKÇESİ



T.C. YEDİTEPE ÜNİVERSİTESİ

**Sayı :** 37068608-6100-15-1117  
**Konu:** Klinik Araştırmalar Etik Kurulu  
Başvurusu hk.

12/11/2015

İlgili Makama (Sayın Hüseyin Onur Özdemir)

Yeditepe Üniversitesi Hastanesi Radyoloji A.D da görevli, Doç.Dr.Neslihan Taşdelen'in sorumlu olduğu "**Diz içi eklem patolojilerini değerlendirmede 3D - PD VİSTA (3D volümetrik izotropik spin eko) sekansının klinik önemi**" isimli araştırma projesine ait Klinik Araştırmalar Etik Kurulu (KAEK) Başvuru Dosyası (**1108** Kayıt Numaralı KAEK Başvuru Dosyası), Yeditepe Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun **11.11.2015** tarihli toplantısında incelenmiştir.

Kurul tarafından yapılan inceleme sonucu, yukarıdaki isimi belirtilen çalışmanın yapılmasının etik ve bilimsel açıdan uygun olduğuna karar verilmiştir ( **KAEK Karar No: 534**).

Bilginizi ve gereğini saygılarımla arz ederim.

Prof. Dr. Turgay ÇELİK  
Yeditepe Üniversitesi  
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanı

## 9 KAYNAKLAR:

1. Tandoğan N, Surg Sports Traumatol Arthrosc (2004) 12 : 262–270).
2. Seedhom BB, Dowson D, Wright V: Functions of the menisci –a preliminary study. In Proceedings of the British Orthopaedic Research Society, Ann Rheum Dis. 1974;33(1):111.
3. Thornton DD, Rubin DA. Magnetic Resonance Imaging of the Knee Menisci. Semin Roentgenol 2000; 35:217-30.
4. De Smet A a., Mukherjee R. Clinical, MRI, and arthroscopic findings associated with failure to diagnose a lateral meniscal tear on knee MRI. Am J Roentgenol. 2008;190(January):22–6.
5. Kaplan PA, Musculoskeletal MRI. WB Saunders, 2nd edition, 2009.
6. Rinck PA , "The history of MRI; in: Magnetic Resonance in Medicine, 8th edition, 2014.
7. <http://biyomedikalmuhendislik.com/wp-content/uploads/2014/10/mr-manyetik-rezonans.pdf>.
8. Rath E, Richmond JC: The menisci: basic science and advanced in treatment; Br J Sports Med. 2000;34(4):252–7.
9. Safran MR, Soto G: Meniscus: Diagnosis and decision making. In: Miller MD, Cole BJ eds: Textbook of arthroscopy: 1. baskı, Philadelphia, 2004 Saunders, 497–506.
10. Quinn SF, Brown TF. Meniscal tears diagnosed with MR imaging versus arthroscopy: how reliable as standard is arthroscopy? Radiology 1991; 181: 183.
11. Ristow O, Steinbach L, Sabo G, Krug R, Huber M, Rauscher I, et al. Isotropic 3D fast spin-echo imaging versus standard 2D imaging at 3.0 T of the knee - Image quality and diagnostic performance. Eur Radiol. 2009;19:1263–72.
12. Escobedo EM, Hunter JC, Zink-Brody GC, Wilson AJ, Harrison SD, Fisher DJ (1996) Usefulness of turbo spin-echo MR imaging in the evaluation of meniscal tears: comparison with a conventional spin-echo sequence. AJR Am J Roentgenol 167:1223–1227.
13. Jee WH, McCauley TR, Kim JM et al (2003) Meniscal tear configurations: categorization with MR imaging. AJR Am J Roentgenol 180:93–97.
14. Bredella MA, Tirman PF, Peterfy CG et al Accuracy of T2-weighted fast spin-echo MR imaging with fat saturation in detecting cartilage defects in the knee: comparison with arthroscopy in 130 patients. AJR Am J Roentgenol 1999, 172:1073–1080.

15. Sonin AH, Pensy RA, Mulligan ME, Hatem S Grading articular cartilage of the knee using fast spin-echo proton density-weighted MR imaging without fat suppression. *AJR Am J Roentgenol* 2002, 179:1159–1166.
16. Busse RF, Hariharan H, Vu A, Brittain JH Fast spin echo sequences with very long echo trains: design of variable refocusing flip angle schedules and generation of clinical T2 contrast. *Magn Reson Med* 2006, 55:1030–1037.
17. Gold GE, Busse RF, Beehler C et al Isotropic MRI of the knee with 3D fast spin-echo extended echo-train acquisition (XETA): initial experience. *AJR Am J Roentgenol* 2007, 188:1287–1293.
18. Örs İ, Korkusuz P. Diz Embriyolojisi. Diz sorunları, Editör Ege R: 1998, 21-26). 19. Resnik, Kang; Internal derangements of joints, (2nd ed) vol.2, 1561-2012.
19. Resnik, Kang; Internal derangements of joints, (2nd ed) vol.2, 1561-2012.
20. Tamer Kaya, Kas İskelet Sistemi Radyolojisi 2008, p: 353-380.
21. Bojsen-Møller, Finn; Simonsen, Erik B.; Tranum-Jensen, Jørgen [Anatomy of the Locomotive Apparatus] (12th ed.), 2001 pp. 239–241.
22. Ege R: Diz Anatomisi. Diz sorunları, Editör Ege R: 1998, 27-54.
23. Magee DJ. Orthopedic Physical Assessment. Knee, (4th ed): 2002, 661-764.
24. Netter F., Netter'in anatomik ortopedi atlası, 2002.
25. Tandogan R, Alparslan M: Diz Cerrahisi, Haberal Vakfi, Ankara: 5–18, 1999.
26. Rakel, Textbook of Family Medicine, 7th ed Saunders, Elsevier 2007 Chapter 42.
27. Geiger D, Chang E, Pathria M, Chung CB. Posterolateral and Posteromedial Corner Injuries of the Knee. *Radiol Clin North Am* [Internet]. Elsevier Inc; 2013;51(3):413–32. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mric.2014.08.001>
28. LaPrade RF, Morgan PM, Wentorf FA, et al. The anatomy of the posterior aspect of the knee. An anatomic study. *J Bone Joint Surg Am* 2007;89(4):758–64.
29. Kaya T. Diz Eklemının Ligamentöz Yaralanmalarında MRG. *TRD* 1999; 34:701-712.
30. Arnoczky SP, Anatomy of the anterior cruciate ligament *Cl. Orthop. and Related Res.* 1983, 172: 19 -25.
31. Hsieh HH, *Am. J. Bone Joint Surgery* Stabilizing mechanisms of the loaded and unloaded knee joint 1976, 58: 87–93.



32. Hughston JC, Am. J. Bone Joint Surgery Classification of knee ligament instabilities. Part I. The medial compartment and cruciate ligaments 1976, 58: 159 - 172.
33. Girgis FG, Clin. Orthop. The cruciate ligaments of the knee joint. Anatomical, functional and experimental analysis 1975, 106: 216 -231.
34. Sanders TG, A Systematic Approach to Magnetic Resonance Imaging Interpretation of Sports Medicine Injuries of the Knee Am J Sports Med January 2005 33 131-148.
35. McDevitt CA, Webber RJ. The ultrastructure and biochemistry of meniscal cartilage. Clin Orthop Relat Res. 1992; 252:8–18.
36. [http://www.sensorprod.com/research-articles/white-papers/2005\\_nop](http://www.sensorprod.com/research-articles/white-papers/2005_nop).
37. Hauger O et. al, Characterization of the “red zone” of knee meniscus: MR imaging and histologic correlation Radiology 2000; 217:193–200.
38. Heller L, Langman J: The menisco-femoral ligaments of the human knee J Bone Joint Surg 46B:307, 1964.
39. Insall & Scott.: Anatomy. In: Henry D. Clarke , W. Norman Scott, John N. Insall, Henrik B. Pedersen, Kevin R. Math, Vincent J. Vigorita, Fred D. Cushner editors. Surgery of the Knee. 4ed, Churchill Livingstone p.4-76.
40. Büyükbeci O., Güleç A., Tandoğan R.: Dizde bursa ve sinovium sorunları, sinovektomi. Ege R. ed.: Diz Sorunları Ankara:1998; 473–488.
41. Practical Orthopaedic Sports Medicine & Arthroscopy, Johnson, Donald H.; Pedowitz, Robert A. 1st Edition 2007 Lippincott Williams & Wilkins.p568.
42. Miller MD., Gomez BA.: Anatomy. Miller MD., Brinker MR. ed. Review of Orthopaedics. Philadelphia: Saunders Company. 2000; 519–586.
43. Arthur A. De Smet, How I Diagnose Meniscal Tears on Knee MRI. AJR 2012; 199:481–499.
44. Araki Y, Yamamoto H, Nakamura H, Tsukaguchi I. MR diagnosis of discoid lateral menisci of the knee. Eur J Radiol 1994; 18:92–95.
45. <https://www.orthocarolina.com/patient-education/pediatric/discoid-meniscus>.
46. Kim YG, Ihn JC, Park SK, Kyung HS. An arthroscopic analysis of lateral meniscal variants and a comparison with MRI findings. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 2006; 14:20–26.
47. Ginés-Cespedosa A, Monllau JC. Symptomatic ring-shaped medial meniscus. Clin Anat 2007; 20:994–995.

48. Schnarkowski P, Tirman PF, Fuchigami KD, Crues JV, Butler MG, Genant HK. Meniscal ossicle: radiographic and MR imaging findings. *Radiology* 1995; 196:47–50.
49. Sanders TG, Linares RC, Lawhorn KW, Tirman PFJ, Houser C. Oblique meniscomeniscal ligament: another potential pitfall for a meniscal tear- anatomic description and appearance at MR imaging in three cases. *Radiology* 1999; 213:213–216.
50. Gandhi RT, Kuo R, Crues JV 3rd: Technical considerations and potential advantages of musculoskeletal imaging at 3.0 Tesla. *Semin Musculoskelet Radiol.* 2008 Sep;12(3):185-95).
51. Van Heuzen EP, Golding RP, Van Zanten TEG, et al: Magnetic resonance imaging of meniscal lesions of the knee. *Clinical Radiology* 1988, 39: 658–660).
52. Silva L, Silver DM: Tears of meniscus as revealed by magnetic resonance imaging. *Am. J. Bone Joint Surgery* 1998:199–202).
53. Thaete FL, Britton CA: Magnetic resonance imaging, in Fu FH, Harner CD, Vince KG, Miller MD [eds]: *Knee Surgery*, vol 1. Philadelphia, PA: Williams & Wilkins, 1994, pp 325–352.
54. Cooper DE, Arnoczky SP, Warren RF. Arthroscopic meniscal repair. *Clin Sports Med.* 1990; 9:589–607).
55. Newman AP, Daniels AU, Burks RT: Principles and decision making in meniscal surgery, *Arthroscopy* 9:33, 1993.
56. Arnoczky SP, Warren RF. Microvasculature of the human meniscus. *Am J Sports Med.* 1982;10:90–95.
57. [http:// www.orthop.washington.edu/uw/tabID\\_3376/ItemID\\_359asrfh](http://www.orthop.washington.edu/uw/tabID_3376/ItemID_359asrfh)
58. Helms CA, The absent bow tie sign in bucket-handle tears of the menisci in the knee *AJR* 1998;170:57-61.
59. Harper KW, Helms C a., Lambert HS, Higgins LD. Radial Meniscal Tears: Significance, Incidence, and MR Appearance. *Am J Roentgenol* [Internet]. 2005;185(6):1429–34. Available from: <http://www.ajronline.org/doi/abs/10.2214/AJR.04.1024>
60. Tarhan NC, Chung CB, Mohana-Borges AV, Hughes T, Resnick D. Meniscal tears: role of axial MRI alone and in combination with other imaging planes. *AJR* 2004; 183:9–15.
61. McKnight A, Southgate J, Price A, Ostlere S. meniscal tears with displaced fragments: common patterns on magnetic resonance imaging. *Skeletal Radiol* 2010; 39:279–283.

62. DeMaeseneer, Normal and abnormal medial meniscocapsular structures: MR imaging and sonography in cadavers *AJR Am J Roentgenol.* 1998 Oct;171(4):969-76.
63. Arthur A. De Smet, Abnormal superior popliteomeniscal fascicle and posterior pericapsular edema: indirect MR imaging signs of a lateral meniscal tear *AJR* 2001;176:63–66.
64. Maeseneer MD, Shahabpour M, Vanderdood K, et al. Medial Menisco capsular separation: MR Imaging Criteria and Diagnostic Pitfalls. *EJR* 2002;41:242-252.
65. George J, Saw KY, Ramlan AA, et al. Radiological Classification of Meniscocapsular Tears of the Anterolateral Portion of the Lateral Meniscus of the Knee. *Australas Radiol* 2000; 44:19-22.
66. Orhan O., *Tıbbi Görüntüleme Fizigi* 2003: p. 281-366.
67. [http://www.konez.com/Proton\\_Magnet\\_Radio.htm](http://www.konez.com/Proton_Magnet_Radio.htm).
68. Grossman, C., *Physical Principles of Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging* In: Grossman CB. *Magnetic Resonance Imaging and Computed Tomography of the Head and Spine.* 2nd edition. 1996: p. 10-58.
69. Hennig J, Nauerth A, Friedburg H. RARE imaging: a fast imaging method for clinical MR. *Magn Reson Med* 1986;3:823–833.
70. Mugler JP. Optimized three-dimensional fast-spin-echo MRI. *J Magn Reson Imaging* [Internet]. 2014;39(4):745–67. Available from: <http://doi.wiley.com/10.1002/jmri.24542>
71. Mugler JP III, Bao S, Mulkern RV, et al. Optimized single-slab three-dimensional spin-echo MR imaging of the brain. *Radiology* 2000;216:891–899.
72. Kallmes DF, Hui FK, Mugler JP III. Suppression of cerebrospinal fluid and blood flow artifacts in FLAIR MR imaging with a singleslab three-dimensional pulse sequence: initial experience. *Radiology* 2001;221:251–255.
73. Pouwels PJ, Kuijter JP, Mugler JP III, Guttman CR, Barkhof F. Human gray matter: feasibility of single-slab 3D double inversion-recovery high-spatial-resolution MR imaging. *Radiology* 2006;241:873–879.
74. Stevens KJ, Busse RF, Han E, et al. Ankle: isotropic MR imaging with 3D-FSE-CUBE--initial experience in healthy volunteers. *Radiology* 2008;249:1026–1033.
75. Choo HJ, Lee SJ, Kim OH, Seo SS, Kim JH. Comparison of three-dimensional isotropic T1-weighted fast spin-echo MR arthrography with two-dimensional MR arthrography of the shoulder. *Radiology* 2012;262:921–931.

76. Stevens KJ, Wallace CG, Chen W, Rosenberg JK, Gold GE. Imaging of the wrist at 1.5 Tesla using isotropic three-dimensional fast spin echo cube. *J Magn Reson Imaging* 2011;33:908–915.
77. Kijowski R, Gold GE. Routine 3D magnetic resonance imaging of joints. *J Magn Reson Imaging* 2011;33:758–771.
78. Lim RP, Storey P, Atanasova IP, et al. Three-dimensional electrocardiographically gated variable flip angle FSE imaging for MR angiography of the hands at 3.0 T: initial experience. *Radiology* 2009;252:874–881.
79. Mihai G, Chung YC, Kariisa M, Raman SV, Simonetti OP, Rajagopalan S. Initial feasibility of a multi-station high resolution three-dimensional dark blood angiography protocol for the assessment of peripheral arterial disease. *J Magn Reson Imaging* 2009;30:7.
80. Lanzman RS, Blondin D, Schmitt P, et al. Non-enhanced 3D MR angiography of the lower extremity using ECG-gated TSE imaging with non-selective refocusing pulses--initial experience. *RoFo* 2010;182:861–867.
81. <http://mri-q.com/spacecubevista.html>.
82. Wielopolski P, Achten E, de Groot JC, et al. A dual echo threedimensional inversion recovery HASTE sequence: initial experience and potential applications for the quantification of white matter lesions and brain tissue volumes. In: *Proceedings of the 4th* .
83. Luk-Pat GT, Gold GE, Olcott EW, Hu BS, Nishimura DG. Highresolution three-dimensional in vivo imaging of atherosclerotic plaque. *Magn Reson Med* 1999;42:762–771.
84. Melki PS, Jolesz FA, Mulkern RV. Partial RF echo planar imaging with the FAISE method. I. Experimental and theoretical assessment of artifact. *Magn Reson Med* 1992;26:328–341.
85. Constable RT, Gore JC. The loss of small objects in variable TE imaging: implications for FSE, RARE, and EPI. *Magn Reson Med* 1992;28:9–24.
86. Hennig J. Multiecho imaging sequences with low refocusing flip angles. *J Magn Reson* 1988;78:397–407.
87. Alsop DC. The sensitivity of low flip angle RARE imaging. *Magn Reson Med* 1997;37:176–184.
88. Philips Ingenia Application Guide, vol1 p52.
89. Philips Ingenia Application Guide, vol1 p89.

90. E.H. Oei, J.J. Nikken, A.C. Verstijnen, A.Z. Ginai, M.G. Myriam Hunink, MR imaging of the menisci and cruciate ligaments: a systematic review, *Radiology* 226 (3) (2003) 837–848.
91. H.N. Chen, Q.R. Dong, Y. Wang, Accuracy of low-field MRI on meniscal tears, *Genet. Mol. Res.* 13 (2) (2014) 4267–4271.
92. M.I. Sharifah, C.L. Lee, A. Suraya, A. Johan, A.F. Syed, S.P. Tan, Accuracy of MRI in the diagnosis of meniscal tears in patients with chronic ACL tears, *Knee Surg. Sports Traumatol. Arthrosc.* 23 (3) (2015) 826–830.
93. Access O. Diagnostic accuracy of Magnetic Resonance Imaging in assessment of Meniscal and ACL tear : Correlation with arthroscopy. 2015;31(2):263–8.
94. Morrison WB, Sanders TG. Imaging of the knee in: Problem Solving in Musculoskeletal Imaging. Mosby Elsevier Inc. 2008; 567-568.
95. Shetty DS, Lakhtar BN, Krishna GK. Magnetic Resonance Imaging in pathological conditions of the knee. *Ind J Radiol Imag.* 2002;12:375-387.
96. Potter HG, Linklater JM, Allen AA, Hannafin JA, Haas SB. Magnetic resonance imaging of articular cartilage in the knee. An evaluation with use of fast-spin-echo imaging. *J Bone Joint Surg Am.* 1998;80(9):1276–84.
97. Cheung LP, Li KC, Hollett MD, Bergman AG, Herfkens RJ. Meniscal tears of the knee: accuracy of detection with fast spinecho MR imaging and arthroscopic correlation in 293 patients. *Radiology.* 1997;203(2):508–12.
98. Ha TP, Li KC, Beaulieu CF, et al. Anterior cruciate ligament injury: fast spin-echo MR imaging with arthroscopic correlation in 217 examinations. *AJR Am J Roentgenol.* 1998;170(5):1215–9.
99. Herman LJ, Beltran J, Pitfalls in MR Imaging of the knee. *Radiology* 1988; 167 (3): 775-81.
100. Mink JH, Levy T, Crues JV 3rd. Tears of the anterior cruciate ligament and menisci of the knee: MR imaging evaluation. *Radiology* 1988;167:769–774.
101. Rubin DA, Kettering JM, Towers JD, Britton CA. MR imaging of knees having isolated and combined ligament injuries. *AJR Am J Roentgenol* 1998;170:1207–1213.
102. Lee JK, Yao L, Phelps CT, Wirth CR, Czajka J, Lozman J. Anterior cruciate ligament tears: MR imaging compared with arthroscopy and clinical tests. *Radiology* 1988;166: 861–864.
103. Chen WT, Shih TT, Tu HY, Chen RC, Shau WY. Partial and complete tear of the anterior cruciate ligament. *Acta Radiol* 2002;43: 511–516.

104. Yoon YC, Kim SS, Chung HW, Choe BK, Ahn JH. Diagnostic efficacy in knee MRI comparing conventional technique and multiplanar reconstruction with one-millimeter FSE PDW images. *Acta Radiol* 2007;48: 869–874.
105. De Smet AA, Mukherjee R. Clinical, MRI, and arthroscopic findings associated with failure to diagnose a lateral meniscal tear on knee MRI. *AJR Am J Roentgenol* 2008; 190:22–26.
106. Harms SE, Flamig DP, Fisher CF, Fulmer JM. New method for fast MR imaging of the knee. *Radiology* 1989; 173:743–750.
107. Hagggar AM, Froelich JW, Hearshen DO, Sadasivan K. Meniscal abnormalities of the knee: 3DFT fastscan GRASS MR imaging. *AJR* 1988; 150:1341–1344.
108. Adam G, Bohndorf K, Drobnitzky M, Guenther RW. MR imaging of the knee: three-dimensional volume imaging combined with fast processing. *J Comput Assist Tomogr* 1989; 13:984–988.
109. Guckel C, Jundt G, Schnabel K, Gachter A. Spinecho and 3D gradient-echo imaging of the knee joint: a clinical and histopathological comparison. *Eur J Radiol* 1995; 21:25–33.
110. Kijowski R, Blankenbaker DG, Klaers JL, Shinki K, De Smet AA, Block WF. Vastly undersampled isotropic projection steady-state free precession imaging of the knee: diagnostic performance compared with conventional MR. *Radiology* 2009; 251:185–194.
111. Busse RF, Brau AC, Vu A, et al. Effects of refocusing flip angle modulation and view ordering in 3D fast spin echo. *Magn Reson Med* 2008; 60:640–649.
112. Subhas N, Kao A, Freire M, Polster JM, Obuchowski N a., Winalski CS. MRI of the knee ligaments and menisci: Comparison of isotropic-resolution 3D and conventional 2D fast spin-echo sequences at 3 T. *Am J Roentgenol*. 2011;197(2):442–50.
113. Duc SR, Pfirrmann CW, Koch PP, Zanetti M, Hodler J (2008) Internal knee derangement assessed with 3- minute three-dimensional isovoxel true FISP MR sequence: preliminary study. *Radiology* 246:526–535.
114. Kijowski R, Davis KW, Woods M a, Lindstrom MJ, De Smet A a, Gold GE, et al. Knee joint: comprehensive assessment with 3D isotropic resolution fast spin-echo MR imaging--diagnostic performance compared with that of conventional MR imaging at 3.0 T. *Radiology* [Internet]. 2009;252(2):486–95. Available from: <http://eutils.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/eutils/elink.fcgi?dbfrom=pubmed&id=19703886&retmode=ref&cmd=purlinks\papers3://publication/doi/10.1148/radiol.2523090028>
115. Kijowski R, Davis KW, Blankenbaker DG, Woods M a, Del Rio AM, De Smet A a. Evaluation of the menisci of the knee joint using three-dimensional isotropic resolution fast spin-echo imaging: diagnostic performance in 250 patients with

surgical correlation. *Skeletal Radiol* [Internet]. 2012;41(2):169–78. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21399933>

116. Van Dyck P, Gielen JL, Vanhoenacker FM, De Smet E, Wouters K, Dossche L, et al. Diagnostic performance of 3D SPACE for comprehensive knee joint assessment at 3 T. *Insights Imaging*. 2012;3(6):603–10.
117. Daekeon Lim, Young Han Lee et al. Fat-suppressed volume isotropic turbo spin echo acquisition (VISTA) MR imaging in evaluating radial and root tears of the meniscus: Focusing on reader-defined axial reconstruction. *EJR* 82 (2013) 2296-2302.
118. Lim D, Han Lee Y, Kim S, Song H-T, Suh J-S. Clinical value of fat-suppressed 3D volume isotropic spin-echo (VISTA) sequence compared to 2D sequence in evaluating internal structures of the knee. *Acta radiol* [Internet]. 2016;57(1):66–73. Available from: <http://acr.sagepub.com/lookup/doi/10.1177/0284185114567560>

