



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

**MRG'DE SUPRAPATELLAR YAĞ YASTIKÇIĞINDA ÖDEM
SAPTANAN OLGULARDA SHEAR WAVE ELASTOGRAFİNİN
ROLÜ**

Dr. Muhammed Erkam ÇEKER

UZMANLIK TEZİ

TOKAT

2023



T.C.

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

**MRG'DE SUPRAPATELLAR YAĞ YASTIKÇIĞINDA ÖDEM
SAPTANAN OLGULARDA SHEAR WAVE ELASTOGRAFİNİN
ROLÜ**

Dr. Muhammed Erkam ÇEKER

UZMANLIK TEZİ

TEZ DANIŞMANI

Prof. Dr. Fatih ÇELİKİYAY

TOKAT

2023

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim sürecinde benden desteklerini esirgemeyen hocalarım Prof. Dr. Zekiye Ruken Yüksekaya Çelikyay, Prof. Dr. Erkan Gökçe, Doç. Dr. Zafer Özmen, Doç. Dr. Eda Albayrak, Doç. Dr. Fatma Aktaş, Doç. Dr. Murat Beyhan, Dr. Öğr.Üyesi Yaşar Birişik ve Dr. Öğr.Üyesi Hüseyin Alper Kızıloğlu'na sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım.

Uzmanlık eğitimim boyunca ve tezimin hazırlanması sürecinde desteği ve sabrı için tez danışmanım değerli hocam Prof. Dr. Fatih Çelikyay'a, teşekkürü bir borç bilirim.

Radyoloji bölümü içerisinde çalıştığım asistan arkadaşlarım, tüm teknisyenlerimiz ve sekreterlerimize teşekkürü bir borç bilirim.

Çalışmalarım boyunca yardımını hiç esirgemeyen değerli arkadaşlarım Tuba DEMİRER, Ahmet Ekrem SAVAŞ ve Sare AYDIN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Hayatımın her aşamasında yanımda olan sevgili anneme, babama, kardeşlerime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
KISALTMALAR VE SİMGELER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLOLAR DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1 DİZ ANATOMİSİ	4
2.1.1 KEMİK YAPILAR	4
2.1.2 KAPSUL VE BAĞLAR	5
2.1.3 DİZ BÖLGESİ BELSENME VE İNNERVASYONU	10
2.1.4 PATELLA FEMORAL EKLEM	11
2.2 DİZDEKİ YAĞ YASTIKÇIKLARI VE SIKIŞMA SENDROMLARI	11
2.2.1 DİZDEKİ YAĞ YASTIKÇIKLARI	11
2.2.2 DİZDEKİ YAĞ YASTIKÇIKLARI SIKIŞMA SENDROMLARI	12
2.3 ULTRASON ELASTOGRAFİ	14
2.3.1 ULTRASON ELASTOGRAFİ TEKNİKLERİ	16
3. GEREÇ VE YÖNTEM	20
4. BULGULAR	22
5. OLGU ÖRNEKLERİ ve SPYY ELASTO ÖLÇÜMÜ	27
6. TARTIŞMA	29
7. KAYNAKLAR	33

ÖZET

Amaç: Suprapatellar yağ yastığı ödemi (SPYÖ), ön diz ağrısının nedenlerinden biridir. Shear wave elastosonografi (SWE), kas-iskelet sistemi hastalıklarında giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu çalışmada SPYÖ’da olan doku sertlik değişikliklerinin shear wave elastografi (SWE) ile değerlendirilmesi ve klinik takipte ek avantaj sağlayan yardımcı bir görüntüleme yöntemi olarak kullanılabilirliğini değerlendirmek amaçlanmıştır.

Materyal-metod: Çalışmaya erişkin 35 SPYÖ olan hasta ve 31 gönüllü kontrol hastası dahil edilmiştir. Suprapatellar yağ yastıkçığı sertlik dereceleri stiffness değeri olarak kPa cinsinden ölçülmüştür. Kontrol ve hasta grubu arasında stiffness değerleri arasındaki farklılıklar incelenmiştir.

Bulgular: SPYÖ olan kişilerde stiffness değeri kontrol grubuyla karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan anlamlı olacak şekilde daha yüksek bulunmuştur.

Sonuç: Çalışmamızda suprapatellar yağ yastıkçığı SWE stiffness değerlerinin suprapatellar yağ yastıkçığı ödemi (SPYÖ) hastalarında kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu ve bu farkın istatistiksel açıdan anlamlı olduğu bulduk. Ultrasonun kolay uygulanabilirliği göz önüne alındığında elastografide artan hızın yada sertliğin MRG’deki ödemin göstergesi olabileceği ve bu konuda tanıda yardımcı olabilir. Bu nedenle, izole diz önü ağrısı olan, travma veya cerrahi öyküsü veya fizik muayenede menisküs/ligament patolojisi olmayan genç hastalarda USG ve elastosonografi birinci basamak görüntüleme yöntemi olarak düşünülebilir ve suprapatellar yağ yastıkçığı sıkışma sendromu tanısında yardımcı olabilir.

Anahtar kelimeler: Suprapatellar yağ yastıkçığı, Elastografi, Sıkışma Sendromu, Ön diz ağrısı

ABSTRACT

Purpose: Suprapatellar fat pad edema (SPPI) is one of the causes of anterior knee pain. Shear wave elastsonography (SWE) is increasingly used in musculoskeletal diseases. The rate of using shear wave elastography (SWE) of the cross-section of tissue samples with these traces in SPPI and its usability as an auxiliary imaging method that provides an additional advantage in clinical follow-up.

Materials and Methods: Thirty-five adult patients with CPIS and 31 volunteer control patients were included in the study. Suprapatellar oil squeegee stiffness degrees were measured in kPa as stiffness value. Differences in stiffness values between the control and patient groups were examined.

Results: The stiffness value was found to be statistically significantly higher in people with SPPI when compared to the control group.

Conclusions: In our study, we found that suprapatellar fat pad SWE stiffness values were higher in suprapatellar fat pad edema (SPYÖ) patients than in the control group, and this difference was statistically significant. Considering the easy applicability of ultrasound, increased speed or stiffness in elastography may be an indicator of edema in MRI and may help in the diagnosis. Therefore, in young patients with isolated anterior knee pain, no history of trauma or surgery, or meniscus/ligament pathology on physical examination, USG and elastsonography can be considered as the first-line imaging modality and may help in the diagnosis of suprapatellar fat pad impingement syndrome.

Keywords: Suprapatellar fat pad, Elastography, Impingement Syndrome, Anterior knee pain

KISALTMALAR VE SİMGELER

PFE: Patellofemoral eklem
MRG: Manyetik rezonans görüntüleme
PD: Proton dansite
USE: Ultrason elastografide
BT: Bilgisayarlı tomografi
USG: Ultrasonografi
LKL: Lateral kollateral ligaman
ÖÇB: Ön çapraz bağ
AÇB: Arka çapraz bağ
FSE: Fast Spin Eko
SE: Spin Eko
FS: Fat Sat
SWE: Shear wave elastografi
ARFI: Acoustic Radiation Force Impulse Imaging
SE: Sonoelastografi
ROI: Region of Interest
SW: Shear wave
TE: Transient elastografi
IQR: Interquartile Range
SPYY: Suprapatellar Yağ Yastıkcığı
SPSS: Statistical Package for the Social Sciences
%: Yüzde
SPYÖ: Suprapatellar Yağ Yastığı Ödemi
SFYS: Suprapataller yağ yastığı sıkışma sendromu
RTE: Real time elastografi
kPa: Kilopaskal

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1 : Suprapatellar yağ yastıkçığı SWE ROC analizi eğrisi	24
Şekil 2 : 35 yaş erkek hastanın suprapatellar yağ yastıkçığının ROİ kullanılarak SWE ölçümlerinin yapılışı. ‘Stiffnes 1’ değeri suprapatellar yağ yastıkçığı süperioru düzeyinden yapılan ölçümleri tanımlarken, ‘Stiffnes 2’ değeri anteroinferioru, ‘Stiffnes 3’ değeri ise posteroinferioru düzeyinden yapılan ölçümleri tanımlamaktadır.	27
Şekil 3: 35 yaş erkek hastanın suprapatellar yağ yastıkçığı manuel olarak alanı çizilerek Stifness Alan değerini tanımlamaktadır.	27
Şekil 4: 35 yaş erkek hastanın T1-T2 FSE FS ve PD FSat MRG görüntüleri. Görüntülerde suprapatellar yağ yastıkçığında kitle etkisi ve ödem ile uyumlu sinyal değişiklikleri görülmektedir.	28

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 1 : Cinsiyete Göre Katılımcı Sayıları, Kontrol ve SPYÖ Grupları	22
Tablo 2 : Strain elasto değerleri ve Yaş Ortalama, Standart Sapma, Medyan, Minimum ve Maksimum Değerlerinin Genel Dağılımı.....	22
Tablo 3 : Cinsiyete Göre Katılımcı Sayıları, Kontrol ve SPYÖ Grupları Arasında Karşılaştırma	23
Tablo 4 : Kontrol ve SPYÖ Gruplarında Yaş Ortalama Değerlerinin Karşılaştırılması	23
Tablo 5 : Kontrol ve SPYÖ Gruplarında Strain elastografi Değerlerinin Karşılaştırılması....	23
Tablo 6 : Suprapatellar yağ yastıkçığı elasto verileri ROC analizi	25
Tablo 7 : SPYÖ olan olguların ağrıyla ilişkisi	25
Tablo 8 : SPYÖ olan olguların MRG intensitelerinin karşılaştırılması	26
Tablo 9 : Yaş ile SPYY SWE ölçümleri kolerasyonu.....	26

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Diz eklemi, alt ekstremitenin temel yapı taşlarından birisi olup, vücudun en büyük eklemidir. Diz eklemi patellofemoral eklem ve tibiofemoral eklemden oluşur. Patellofemoral eklem (PFE) patella ve troklear oluğun uyumunun son derece etkin bir şekilde rol oynadığı multifonksiyonel karmaşık bir altyapıya sahiptir. Hem çoklu fonksiyonu hem de üstlendiği fonksiyonların sonucunda yüksek oranda strese ve mikrotravmalara maruz kalan diz eklemi erken yaşlardan itibaren hasar görmeye başlar.

Diz eklemi anatomik ve fonksiyonel olarak son derece geniş ve kompleks bir yapıya sahiptir. Ana bileşenlerini femur, tibia ve patellar kemikler oluşturmaktadır. Menteşe eklem tipine sahiptir. Bu eklem tipi tek eksenli olup fleksiyon ve ekstansiyon hareketini yaptırır. Bu eklem tipinde, en az 30 derece fleksiyonda rotasyon, abduksiyon ve adduksiyon hareketleri kısıtlı olarak yapılabilir. Diz ekleminde iki adet kondiler ve bir adet sellar tip eklem boşluğu mevcuttur. Kondiler tip femur ve tibia arasında, sellar tip eklem boşluğu ise patella ile femur arasında yer almaktadır [1]. Diz eklemine statik ve dinamik stabilitesini kemik yapılar, meniskial yapılar, ligamanlar, muskulotendinöz yapılar sağlamaktadırlar.

PFE’de oluşan lezyonlarda en sık başvuru şikâyeti diz önü ağrısıdır. PFE’de oluşan lezyonların başlıca sebepleri arasında; genetik olarak PFE’in anormal olması bilinçsiz egzersizler ve yanlış hareketler olarak sıralanabilir. Genç erişkinlerde ve yaşlılarda, bireyin günlük yaşam aktivitesini olumsuz yönde etkileyerek fonksiyonel kısıtlılığa yol açan ve önemli oranda iş gücü kaybına neden olan diz şikâyetleri PFE ağrısı olarak değerlendirilir. Diz ağrısı genel bir semptom olarak görülmekle birlikte en sık dizin anterior kısmında görülmektedir. Travmatik veya travmatik olmayan çok sayıda nedene bağlı olarak ortaya çıkabilmektedir.

Ön diz ağrısı, fiziksel olarak aktif bireylerde en sık görülen diz şikâyetlerinden biri olup hastalar sayısız semptom ve şikâyetle başvurabilirken çoğunlukla peripatellar, özellikle de anteromedial veya retropatellar yerleşimli non-spesifik diz ağrısından yakınırırlar. Hastalar daha çok fiziksel aktivite sırasında artan diz problemlerinden

şikayet ederler [2, 3].

Ön diz ağrısının nedenleri tam olarak belirlenemiştir. Belirlenebilen nedenleri arasında sıklıkla osteoartrit, patella anormallikleri ve patellar dizilim bozukluklarına neden olan ekstansör mekanizma bozukluğu şeklinde başlıca sayılabilir. Bununla birlikte, bu ekstansör mekanizma bozukluğunun neden geliştiği bildirilmemiştir [4]. Yağ yastığı sıkışma sendromu, ön diz ağrısının daha nadir bir nedeni olup hastalar için hayat kalitesinde ve konforunda azalma olabilmektedir.

Artiküler yağ yastıkçıkları eklem stabilitesini destekleyen yer kaplayan yapılardır. Yağ yastıkçıkları artiküler uyumu artırır ve artiküler yüzeyler için hem kayganlaştırıcı hem de koruyucu olarak işlev görür [5].

Yağ yastıkçıkları, akut veya tekrarlayan travma, inflamasyon, fibrozis gibi intrinsik nedenlerden veya çeşitli eklem ve sistemik hastalıklardan etkilenebilir [6, 7]. Ön diz ağrısı ile ilişkili olabilen suprapatellar yağ yastıkçığı sıkışma sendromu, Hoffa'nın infrapatellar yağ yastığı hastalığına benzer şekilde inflamatuvar bir süreçtir [4, 8]. Hoffa yağ yastıkçığı sıkışma sendromu tanısında Hoffa testi klinik olarak oldukça yardımcı olmasına rağmen suprapatellar yağ yastıkçığı sıkışma sendromu özgü klinik test bulunmamaktadır. Suprapatellar yağ yastıkçığı sıkışma sendromu manyetik rezonans görüntüleme (MRG) bulguları olarak, yağ baskılı proton dansite (PD) sekansta sinyal artışı, çap artışı tanımlanmıştır [4, 8]. Anterior suprapatellar yağ yastıkçığının inflamasyonu sonucunda oluşan durum suprapatellar veya kuadriseps yağ yastıkçığı sıkışma sendromu olarak tanımlanır ve ön dizde ağrıya yol açar. Ancak bu inflamasyon ile ağrı arasındaki ilişki net olarak açıklanamamıştır [9].

Genellikle yağ yastığı sıkışma sendromu, diz yağ yastıkçıklarının kanamasına, fibrozuna, iltihaplanmasına veya bozulmasına neden olan tekrarlayan mikrotravmalar veya patellofemoral instabiliteden kaynaklandığı düşünülmektedir. Vaskülarizasyon ve innervasyonu nedeniyle dizin yağ yastıkçıkları en hassas yapılardandır.

Ultrason teknolojisindeki yeniliklerden olan ultrason elastografide (USE) dokunun elastisite ölçümü prensibi kullanılmaktadır. Bir dokuya dışardan bir güç uygulandığında doku deforme olur, daha sonra dış güç ortadan kalktığında dokunun orijinal şekil ve boyutuna gelebilme yeteneğine elastisite denir. Doku deformasyonu, dokunun sertliği ile ters orantılıdır [10]. USE son yıllarda çeşitli klinik uygulamalar için

araştırılmış ve karaciğer fibrozisinin belirlenmesi veya meme lezyonunun karakterizasyonu gibi belli kullanımlar için klinik rutine girmiştir [11].

Çeşitli organların tümöral lezyonlarının değerlendirmesinin yanı sıra, kas iskelet sisteminde de USE uygulamaları giderek artmaktadır [12]. Özellikle de aşıl ve patellar tendonlarla ilgili yapılmış çalışmalar vardır. Yakın zamanda yapılan bu çalışmalar göstermiştir ki, her ne kadar yaygın bir şekilde kullanılsa da, USE patellar ve aşıl tendonlarının elastisite ölçümleri için kullanışlı ve tekrarlanabilir bir yöntemdir [13].

Çoğu zaman, yağ yastığı sıkışma sendromunun tanısı başlangıçta gözden kaçan ve teşhis edilmesi zor olabilir. Bu da hastalığın zayıflatıcı doğası nedeniyle erken teşhisin önemini arttırmaktadır. Uzun süre ayakta durmak ve diz ekstansiyonu ile ağrı daha da kötüleşebilir. Herhangi bir predispozan faktörün yanı sıra ödemin yerini ve boyutunu tanımlamak önemli olup bu ise görüntüleme yöntemleriyle gerçekleştirilebilir. MRG ve bilgisayarlı tomografi (BT) en çok kullanılan modalitelerdir; ancak, ultrason eğitimindeki artışla birlikte, ultrason elastografi kullanımı gittikçe artmaktadır.

Çeşitli organların tümöral lezyonlarının değerlendirmesinin yanı sıra, kas iskelet sisteminde de USE uygulamaları giderek artmaktadır. Sıklıkla yağ yastığı sıkışma sendromu ile ilişkilendirilen bulgu, genişlemiş, ödemli bir yağ yastığıdır. Bu bulgu en iyi MRG'de görülür. BT yağ yastığı ile erken inflamatuvar değişiklikleri ortaya çıkarmada MRG kadar hassas olmayabilir. USE taraması, yağ yastığı ödemi tespit etmede yardımcı olabilir.

Ultrasonografi (USG), kas-iskelet sistemi yumuşak doku hastalıklarını değerlendirmek için yüksek çözünürlüklü başka bir görüntüleme yöntemi olup dokuların sertliğindeki farklılıkları tanımlayabilen non-invaziv bir teknik olan ultrason elastosonografi sayesinde kas-iskelet görüntülemesinde USG'nin rolü artmıştır [14]. Bu çalışmanın amacı, suprapatellar yağ yastıkçığı ödemi tanısında elastografinin rolünü değerlendirmektir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 DİZ ANATOMİSİ

Diz eklemi insan vücudundaki en büyük eklemdir. Menisküs ve çapraz bağlar gibi dize özgü birçok önemli yapıyı içerir. Bir diğer önemli özelliği ise kemikleri bir araya getirmeye pek uyumlu olmayan eklem yüzeyleridir. Uyumluluğu artırmak ve stabiliteyi sağlamak için eklemden menisküs gibi birkaç belirli yapı vardır. Diz eklemi temel olarak tibia ve femur arasında oluşur. Femur ve patelladan oluşan patellofemoral eklem, diz ekleminin önemli bir parçasıdır. Fibula, diz ekleminin doğrudan bir parçası olmasa da, eklemle ilgili önemli bağ ve kasları tutan önemli bir bölgeleri bulundurmaktadır [15, 16].

2.1.1 KEMİK YAPILAR

2.1.1.1 FEMUR

Femur vücuttaki en büyük ve en uzun kemiktir. Süperiora inferiora, lateralden mediale, hafif oblik şekilde uzanır. Femur, kondilleri aracılığıyla tibia ile ve patellar yüzeyi aracılığıyla patella ile eklem yapar.

Lateral ve medial femoral kondiller distal femurda gözlenen en önemli yapılardır. Femoral kondiller simetrik değildir. Lateral kondil ile karşılaştırıldığında, medial kondil daha distale kadar uzanır. Ancak anatomik pozisyonda femur şaftı lateralden mediale oblik olarak uzandığı için her iki kondil aynı yatay seviyede biter [15]. Kondiller patellar kemikle eklem yüzeyi oluşturmak üzere öne doğru birbirleri ile birleşir.

2.1.1.2 TİBİA

Femurun distal ucunda olduğu gibi, tibianın proksimal ucundaki en belirgin yapılar lateral ve medial kondillerdir. Kıkırdak ile kaplı lateral ve medial eklem yüzleri, klinik olarak tibial plato olarak bilinen üst eklem yüzeyinde bulunur. Menisküsler kondillerin üzerine oturur.

Medial ve lateral fasetler arasında düzensiz yüzeyli interkondiler alan görülmektedir. Medial ve lateral interkondiler tüberküllerin arasında interkondiler

alanın orta bölgesine interkondiler eminens denir. Eminens, interkondiler alanın daha belirgin ve daha dar bölgesidir. Anterior çapraz bağ ve menisküslerin ön kökleri, interkondiler eminensin önündeki anterior interkondiler alana bağlanır [17, 18]. Posterior çapraz bağ ve menisküslerin arka kökleri, interkondiler eminensin arkasındaki posterior interkondiler alana yapışır.

Tibianın lateral kondilinin posteroinferior yüzeyi pürüzsüz ve oval şekillidir ve fibula başı ile eklem yapar.

2.1.1.3 FİBULA

Fibulanın proksimali esas olarak fibula başından oluşur. Fibula boynu, fibula başının hemen distalinde yer alır. Fibular başın medial yüzü, tibianın lateral kondilinin posteroinferioruyla eklem yapar. Eklem yüzünün eğimi bireyler arasında önemli ölçüde değişir. Yatay düzleme daha yakın olabilir veya 45°'ye kadar eğik bir rotaya sahip olabilir [16]. Fibular başın veya stiloid çıkıntının apeksi üzerinde bir çıkıntı gözlenir. LCL ve biceps femoris fibular başın lateraline yapışır. Popliteofibular ligaman stiloid çıkıntıya daha arkadan tutunur.

2.1.1.4 PATELLA

Patella insan vücudundaki en büyük sesamoid kemiktir [15]. Kuadriseps femoris kası tendonunun içinde yer alır. Ters üçgen benzeri bir anatomiye sahip olup diz eklemine koruyan en önemli kemik yapıdır. Patellanın apeksi altta, tabanı üsttedir. Dikey bir sırt ile lateral ve medial patellar faset olarak ayrılan iki yağ eklem yüzeyi vardır[19].

2.1.2 KAPSUL VE BAĞLAR

Eklem kapsülü, diz eklemine tamamen çevreleyen ve yer yer kalınlaşarak bağ görevi gören fibrotik membranöz bir yapıya sahiptir. Kapsüloligamentöz yapılar anterior, posterior, lateral, medial ve santral kompartman olarak 5 bölümde incelenir. Bu değerlendirme diz eklemine yapısal ve fonksiyonel olarak anlaşılmasını kolaylaştırır.

2.2.2.1 MEDİAL KOMPARTMAN

Dizin medial desteği ve stabilitesini yüzeyselden derine doğru yer alan bu anatomik yapılar tarafından sağlanır. Farklı katmanların diz eklemine mekaniğinde önemli rolleri ve işlevleri vardır.

Dizin medial tarafındaki yapılar üç katman halinde incelenebilir [20, 21].

Birinci tabaka cilt altındaki en yüzeysel tabakadır. Temel olarak aponörotik yapıda olan sartorius kası tarafından oluşur. Sartorius kasının bitişi tendondan ziyade fasya olarak görüldüğü için birçok kaynakta “sartorial fasya” olarak adlandırılır. Medial patellar retinakulum, sartorial fasyanın önünde yer alır. Medial patellar retinakulum ise sartorius fasyasının önünde, patella medialindeki vastus medialis'in aponörotik uzantıları birinci tabakada görülen medial patellar retinakulumu oluşturur [21-23].

İkinci tabaka çoğu yüzeysel medial kollateral bağ tarafından oluşturulur [21]. Medial patellofemoral ligaman bu tabakadaki bir diğer önemli yapıdır. Medial kollateral bağ dizde en sık yaralanan bağdır [24]. Yüzeysel ve derin olmak üzere iki bölümden oluşur. Yüzeysel medial kollateral bağ ikinci katmandayken, derin medial kollateral bağ üçüncü katmandadır.

Üçüncü tabakayı eklem kapsülü oluşturmaktadır. Medial kollateral bağın derin kısmı ve posterior oblik ligaman bu katmanda görülür.

2.2.2.2 LATERAL KOMPARTMAN

Diz lateralindeki yapılar yüzeyelden derine doğru üç katmanda tanımlanabilir [25, 26] . Bir katmanda açıklanan yapı, bazen farklı referanslarda daha yüzeysel veya daha derin katmana dahil edilebilir.

Birinci tabaka, iliotibial yol, lateral patellar retinakulum ve biceps femoris tendonu bu tabakadadır.

Lateral retinakulum, vastus lateralis kasının fibröz aponeurosisinin bir uzantısı olup distalde patella tendona katılır [27]. Lateral retinakulum patellofemoral eklem stabilitesine katkıda bulunur ve hasarlanması mediale göre çok daha nadir görülür[28].

Lateral patellar retinakulum; Vastus lateralis'in yüzeysel olarak distal aponeurotik lifleri patellanın lateralinde uzanır. Patellanın lateral kenarında iliotibial yolun (iliopatellar bant) oblik fiberleri ile birlikte biter [29]. Lateral patellar retinakulumun derin tabakasında lateral epikondilden patellanın lateraline uzanan lifler bulunur. Ancak bu fiberler medialden çok daha zayıftır. Bu liflere lateral patellofemoral

ligament adı verilir. Derin fiberlerin distal kısmı patella ile tibianın lateral kondili arasında yer alır. Bu liflere lateral patellotibial ligaman adı verilir.

Peroneal sinir diz laterale yönelik ameliyatlarda ilk gözlenen yapıdır. Popliteal fossa proksimalinde siyatik sinirden ayrılan bu sinir biceps tendonunun arka kenarını takip eder. Popliteal fasyanın hemen altında yüzeysel olarak seyrederek. Ortak peroneal sinir, dizin lateral yapılarının yüzeysel ve orta tabakaları arasında yer alır [26, 30, 31]. Sinir, terminal dallarına ayrılmadan önce bacağın laterale uzanan lateral sural kutanöz dalı verir ve sonrasında fibula başı etrafında kıvrıldığı yerde terminal dallara ayrılır.

İkinci tabaka; lateral kollateral bağ bu katmandaki en önemli yapıdır. Bu tabaka ayrıca gastrocnemius kası lateral başını ve lateral patellofemoral ligamanı içerir. Lateral kollateral ligaman (LKL), femurun lateral epikondilinin hemen proksimalinden ve posteriorundan başlar[32]. Distalde, LKL fibula başı lateral yüzeyinde sonlanır.

LKL ektrakapsüler bir bağ olup yaklaşık 66 mm uzunluğundadır. LKL'nin ortalama kalınlığı 3.4 mm'dir [32]. Enine kesitine bakıldığında LKL tendona benzer yuvarlak bir yapıya sahiptir.

Üçüncü tabaka, arkuat bağ, popliteus tendonu, popliteofibular bağ ve eklem kapsülü olan posterolateral köşeyi oluşturan yapıları içerir.

2.2.2.3 POPLİTEAL FOSSA VE DİZİN ARKA TARAFI

Popliteal fossa, diz ekleminin arkasında elmas şeklindeki bir alandır. Popliteal yağ yastığı çıkarıldığında popliteal fossa çevresindeki kaslar ve fossa içindeki önemli nörovasküler yapılar net bir şekilde görülebilir. Popliteal damarlar popliteal fossada daha derinde bulunur. Popliteal arter en derin yapıdır yani arka eklem kapsülüne en yakın olanıdır. Popliteal ven popliteal arterin hemen üstünde yer alır.

Popliteusun kas-tendon birimi ve bu birimlerin fibula, tibia ve lateral menisküs ile bağlantıları “popliteus kompleksini” oluşturur.

Popliteus kası tibianın proksimal kısmının posterior yüzeyinden başlar süperolaterale eğik bir seyir gösterir. Popliteal fossanın lateral üçte birinde tendon haline

gelir. Ardından popliteus tendonu posterolateral kapsülde bulunan açıklıktan eklem içine geçer. Açıklığın üzerinde arkuat bağ oluşur. Popliteus tendonu ile lateral menisküs arasında eklem boşluğunda bir girinti oluşur. Lateral menisküs ile popliteus tendonu arasındaki bu girintiye popliteal hiatus denir [33].

2.2.2.4 ANTERİOR KOMPARTMAN

Kuadriseps femoris kası (Vastus medialis-vastus intermedius-vastus lateralis-rectus femoris), patellar ligaman, infrapatellar yağ yastıkçığı, medial retinakulum ve lateral retinakulum anterior kompartmanı oluşturan yapılardır.

Medial ve lateral retinakulumlar; fibröz yapıda olup, vastus medialis ve vastus lateralisten köken alan traktuslardır. Patellar tendona paralel uzanırlar ve femurun pozisyonuna bağlı olarak patellayı destekler ve ekstansiyona yardımcı olurlar.

Dizin ön yapıları özellikle ekstansiyon ve patellar stabilizasyondan sorumludur.

Patellar ligament, patellanın alt kısmından tibial tüberoziteye uzanan güçlü bir tendondur. Bu bağ, kuadriseps femorisin gücünü tibiaya iletir. Patellar tendonun yaklaşık uzunluğu yaklaşık 6-8 cm'dir [16]. İnfrapatellar yağ yastığı (Hoffa'nın yağ yastığı) bu yapıların derinlerinde bulunur [34].

Kuadriseps femoris, patellaya proksimalinden bağlanan dört bölüme sahiptir. Orta ve en yüzeysel bölüm rectus femoristir. Rectus femoris, patellanın 3-5 cm proksimalinde tendon haline gelir. Bazı lifler patellanın üst kenarına yapışırken, çoğu patellanın üzerinden geçerek patellar tendonun yapısına katılır.

Diz ekleminin sinovyal boşluğu kuadriseps kasının altında yukarı doğru uzanır. Eklem bu çıkmazına suprapatellar girinti veya suprapatellar bursa denir. Bu girinti patellanın üst kutbunun yaklaşık 5 cm yukarısına kadar uzanır.

2.2.2.5 SANTRAL KOMPARTMAN

Menisküsler yarım ay şeklinde, eklem içi ve kıkırdak yapılardır. Büyük ölçüde kapsüle yapışık olan menisküsün periferik kısımları kalındır.

Menisküsler nispeten avasküler yapılardır. Esas olarak beslenmesi periferik bölgelerde kan damarlarıyla, merkezi bölgede ise sinoviyal sıvıdan diffüzyonla sağlanır. Kapsülden gelen damarlar ile lateral yüzeylerin kanlanması vardır. Bu nedenle lateral yüzey yırtıklarının iyileşme şansı vardır. Ancak iç kısımda kan damarları bulunmaz ve yırtıldığında iyileşme şansı yoktur.

Menisküsün ön ve arka uçlarına sırasıyla ön ve arka boynuzlar denir. Boynuzların kemiğe tutunması ön ve arka kökler tarafından gerçekleşir. Menisküslerin ön boynuzları transvers (intermeniskal) bağ ile birbirlerine bağlantılıdır [15, 35].

Medial menisküs “C” şekline daha çok benzer; yarım daire şeklindedir. Posterioru anteriordan daha geniştir. Ön kök yoluyla ön çapraz bağın (ÖÇB) bağlanma bölgesinin önündeki anterior interkondiler alana bağlanır. Arka kök tarafından posterior interkondiler alana bağlanır. Arka kök, arka çapraz bağın (AÇB) bağlanma bölgesinin antero medialinde bulunur. Medial menisküs ön ve arka kökleri ile kemiğe nüfuz eder. Periferik kısımlar, kapsüle meniskotibial ve meniskofemoral bağlarla bağlıdır. Bu bağlantılardan dolayı medial menisküs, lateral menisküsten daha sabit bir yapıdadır [36, 37].

Lateral menisküs, hareketlilik, şekil açısından medial menisküsten farklıdır. Şekli bir dairenin yaklaşık 4/5'i kadardır ve lateral kondil üzerinde daha fazla yer kaplar. Ön ve arka kısımların genişlikleri yaklaşık olarak eşittir. Lateral menisküsün ön boynuzu ön kök yoluyla ÖÇB'nin hemen posterolateraline anterior interkondiler alana bağlanır. Ön kökün bazı lifleri ÖÇB ile devamlılık gösterir. Arka boynuz, medial menisküsün arka kökünün anterolateral tarafında posterior interkondiler alana yapışıktır. Lateral menisküsün posterolateralinde, popliteus tendonunun eklem içi uzantısının oluşturduğu bir oluk vardır. Popliteus ile olan bağlantılar ve meniskofemoral bağların yokluğu lateral menisküsü daha hareketli hale getirir. Diskoid menisküs yaklaşık %5 oranında oluşur ve sıklıkla iki taraflıdır [37].

Çapraz bağlar, dizdeki güçlü intrakapsüler fakat ekstrasinovyal bağlardır. Ön ve arka çapraz bağlar tibiadaki tutunma yerlerine göre isimlendirilir. Sinovyal membran çapraz bağları kaplayarak posteriora doğru uzanır [15, 16].

Ön Çapraz Bağ (ÖÇB)

ÖÇB, anterior interkondiler alandan kaynaklanır. ÖÇB'nin bazı lifleri, lateral menisküsün ön kökü ile karışır. Posterosuperolateral yöne doğru oblik olarak uzanır ve lateral femoral kondilin superomedial yüzeyine yapışır. Yaklaşık 38 mm uzunluğunda, 11 mm genişliğinde güçlü bir bağdır. ÖÇB, tibianın anterior translasyonunu ve iç rotasyonunu sınırlar. Tibiadaki bağlanma yerine göre isimlendirilen iki demet vardır: anteromedial ve posterolateral [17, 18].

Anteromedial demeti daha kalındır. Bağlantı yeri, interkondiler çentiğın çatısına daha yakındır. Anteromedial, ÖÇB'nin tibianın anterior translasyonunu önleyen ana parçasıdır. Posterolateral demeti ekstansiyonda gergin ve bükülmede biraz gevşek görünümündedir. Özellikle posterolateral demeti tibianın iç rotasyonunu sınırlar [17, 18].

Arka Çapraz Bağ (AÇB)

Arka çapraz bağ insan dizindeki en güçlü ve en büyük bağdır. Primer posterior stabilizasyondan sorumludur. Anterosuperomedial yönde seyrederek. ÖÇB'den daha kalın ve daha güçlüdür. Femurdaki bağlanma yerine göre adlandırılan iki demet vardır: anterolateral ve posteromedial [38, 39]. Bu bağ, medial femoral kondilin superolateral yüzeyine ve interkondiler çentiğın ön yüzüne yapışır tibianın posterior translasyonu veya femurun tibia üzerinde anterior kayması ile tibianın dış rotasyonunu sınırlar.

Anterolateral demeti daha kısa, daha kalın ve daha güçlüdür. Özellikle yarı fleksiyonda gergindir. Ancak posteromedial paketi daha uzun, daha ince ve daha zayıftır. Ön ve arka meniskofemoral bağlar lateral menisküsün arka boynuzundan kaynaklanır. Bu bağlar AÇB'nin önünde ve arkasında seyrederek. Medial femoral kondilde AÇB ayak izinin anteroinferior ve posterosuperioruna bağlanırlar. Arka meniskofemoral bağ, ön meniskofemoral bağdan daha kalındır. Meniskofemoral bağlar, lateral menisküsün arka boynuzunu korur [40].

2.1.3 DİZ BÖLGESİ BELSENME VE İNNERVASYONU

Femoral arter Hunter kanalı distalinden itibaren popliteal arter olarak adlandırılır ve popliteal fossaya doğru ilerlerler. Popliteal arter popliteal fossanın distalinde genikulat arteri verdikten sonra anterior ve posterior tibial arter olarak ikiye ayrılır. Diz eklemi superiorunda genikulat arter medial ve lateral dalları oluştururken superiora

doğru ise muskuler dallar verir. İnferiorda da dizi medial ve lateral genikulat arterlerden beslenmektedir. Bu damarlar arasında çok sayıda anastomozlar bulunmaktadır [41, 42]. Popliteal ven dizin ana veni olup tibialis anterior ve posterior venlerinin birleşimi sonucu oluşur. Küçük safen ven popliteal fossada popliteal vene katılır ve femoral ven olarak devam eder. Diz bölgesi çevresi innervasyonu femoral, tibial, peroneal ve obturator sinirler sağlamaktadır [43].

2.1.4 PATELLA FEMORAL EKLEM

Patellofemoral eklem karmaşık bir yapıya sahip olup diz eklemine oluşturan iki ana eklemden biridir. Patellar kemik diz eklemine önünde bulunur ve bu yerleşimi nedeniyle diz eklemine darbelere karşı koruyucu bir fonksiyon içerir. Patella yaklaşık 5x6x3 cm ölçülerinde ve ters üçgene benzer bir şekildedir. Kuadriseps tendonunun lifleri patellanın ön yüzüne yapışır. Deri ve patella arasında ince sinovyal astarla çevrili prepatellar bursa yer alır [43]. Patellar eklem yüzü, lateral ve medial faset olarak iki kısma ayrılır. Dizde tibia ile femur kondilleri (üç düzlemde) ve femur kondilleri ile patella (iki düzlemde) arasında yüzeyel eklem hareketleri mevcuttur [43].

2.2 DİZDEKİ YAĞ YASTIKÇIKLARI VE SIKIŞMA SENDROMLARI

2.2.1 DİZDEKİ YAĞ YASTIKÇIKLARI

Eklem yağ yastıkçıları, eklem boşluğu içinde potansiyel boşlukları ve düzensizlikleri dolduran, diz eklemi içinde tanımlanmış intrakapsüler, ekstrasinoviyal yapılardır. Hareket esnasında bu boşlukların değişen şekil ve hacmine uyum sağlayan esnek, elastik ve yer değiştirebilir koruyucu yastıklar görevi görürler. Sinovyal yüzeyi arttırarak eklem yüzeyi üzerindeki kayganlanlığın tüm yüzeylere dağılımına yardımcı olurlar [44].

Dizin ön bölümünde anterior suprapatellar (kuadriseps), posterior suprapatellar (prefemoral) ve infrapatellar (Hoffa) olmak üzere üç yağ yastıkçığı bulunmaktadır [44].

Peripatellar yağ yastıklarının önemi, Hoffa yağ yastığının rezeksiyonunun sonrasında patellar biyomekaniği değiştirmesi gerçeğiyle kanıtlanmıştır.

Dizin normal fleksiyon-ekstansiyonu sırasında, suprapatellar yağ yastığı

kuadriseps tendonu ve femoral kondil arası doğrudan teması engeller. Prefemoral yağ yastığı, patella ile femurun distal shaftı arasındaki doğrudan teması engeller. Hoffa yağ yastığı arkada troklear eklem yüzeyi ile superior tibia ve önde patellar ligament arasında yer alır.

Sürekli sürtünme ve tekrarlayan mikrotravma, genellikle kronik ön diz ağrısı olarak bildirilen sıkışmanın klinik belirtisine yol açabilir ve sıklıkla MRG ile gözlemlenen yapısal bulgularla ortaya çıkar. Sinovyal proliferasyon, tümör ve fibrozis gibi çeşitli patolojik süreçlerde peripatellar yağ yastıkçıklarını etkileyebilir.

Genel tanımlamaya göre, akut veya tekrarlayıcı travmalar sonrasında kanama, ödem ve inflamasyonlar oluşmakta yağ yastıklarında hipertrofi ve impingement sendromları görülebilmektedir [44]. Literatürde Hoffa hastalığı ile ilgili çok sayıda yayın olmasına rağmen suprapatellar yağ yastığı sıkışma sendromu ile ilgili sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bununla birlikte suprapatellar yağ yastığının da kitle etkisi ile ön diz ağrısı ile ilişkisi gösterilmiştir [45].

2.2.2 DİZDEKİ YAĞ YASTIKÇIKLARI SIKIŞMA SENDROMLARI

Yağ yastıkçığı sıkışma sendromu, tekrarlayan mikrotravma, majör travma veya diğer patellofemoral instabilite nedenlerinin neden olduğu eklem mekaniğindeki değişikliklerden kaynaklanan kanama, iltihaplanma, fibrozis ve/veya ön diz yağ yastıklarının dejenerasyonundan kaynaklanan ön diz ağrısını ifade eder [45, 46].

Superolateral Hoffa yağ yastıkçığı ödemi

Rutin diz MR görüntüleme çalışmalarında yaygın bir bulgudur. Osteoartritli veya osteoartrit riski taşıyan orta yaşlı bireylerden oluşan bir çalışmada %13 [47], 16 asemptomatik kadın voleybolcularda ise %50'lik bir prevalans rapor edilmiştir [48]. Genel popülasyondaki prevalansa ilişkin rakamlar mevcut değildir. Hoffa ödeminin tipik olarak patellanın alt kutbunda ön diz ağrısı ve hassasiyet ile karakterize patellofemoral ağrı sendromunun görüntüleme korelasyonu olduğu düşünülmektedir [49]. Ağrı genellikle hiperekstansiyon ile şiddetlenir ve fizik muayene patellanın alt kutbunda odak noktası hassasiyeti gösterebilir.

MRG'de sagittal ve aksiyel sıvıya duyarlı görüntüler, Hoffa yağ yastığının

süperolateral kısmında, lateral femoral kondil ile patellar tendon arasında, ödem olarak tanımlanan fokal artmış sinyal yoğunluğunu ile karakterize olup kontrast madde enjeksiyonu sonrası kontrastlanma olabilmektedir [50-52].

Prefemoral yağ yastıkçığı ödemi

Posterior suprapatellar yağ yastığı olarak da bilinen prefemoral yağ yastığı, distal femurun önünde ve trokleanın üstünde yer alır ve suprapatellar bursa ile suprapatellar yağ yastığından ayrılır [53]. Prefemoral yağ yastığı içinde iki farklı ödem modeli tanımlanmıştır. Biri orta hatta yakın üst kısımda meydana gelir ve belirgin bir suprapatellar osteofit nedeniyle yağ yastığının çarpmasından kaynaklandığına inanılır. Anterior femurda taraklanma ve fibröz veya kıkırdaklı metaplazi de görülebilir [53]. İkincisi, yağ yastığının inferolateral kısmında meydana gelir ve patellanın üst kısmı ile distal femur arasında meydana gelen yağ yastığının sıkışması ile patellar tendon-lateral femoral kondil sürtünme sendromu ile ilişkili olduğu bulunmuştur [49, 51, 54]. MRG, yağ baskılı T2A FSE görüntülerinde yüksek sinyal ve T1A SE görüntülerinde düşük sinyal yoğunluğu ile yağ yastığının ödem ve genişlemesini gösterir. Üst düzey atletlerde asemptomatik bir bulgu olabileceğinden, prefemoral yağ yastığı ödemi ile diz önü ağrısı arasındaki ilişkinin tartışmalı olduğunu düşünmektedir [54].

Diz ağrısı ve hoffa yağ yastıkçığı ödemi olan hastaların % 68'inde prefemoral yağ yastığı ödemi mevcuttur [51]. Ancak bildiğimiz kadarıyla, prefemoral yağ yastığı ödemi ile patellafemoral dizilim bozukluğu arasında bir ilişki bildirilmemiştir.

Suprapatellar yağ yastıkçı ödemi

Suprapatellar yağ yastığı, üçgen şekilli ve ortalama 7-8 mm'den küçük olan ön dizdeki yağ yastıkçıklarının en küçüğüdür [55]. Suprapatellar tendon insersiyonunun arka kısmı ile posterosuperior arasındaki boşluğu doldurur.

Biyomekanik olarak, suprapatellar yağ yastığı, ekstansör mekanizmanın patellofemoral ekleme yardımcı olur. Suprapatellar yağ yastığı ödemi, diz MRG yapılan hastaların %12-14'ünde bulunur ancak bunun ön diz ağrısı ile ilişkisi tartışmalıdır [44, 45]. Suprapatellar yağ yastığı ödemi, Hoffa hastalığı ile benzer histolojik değişiklikler olabileceği öne sürülmüştür [45]. Bununla birlikte, suprapatellar yağ yastığı ödeminin,

yüksek açılı diz fleksiyonu sırasında trokleaya karşı tekrarlayan sürtünmeden kaynaklanabileceği de öne sürülmüştür [45, 50].

“Sıkışma” terimi, suprapatellar yağ yastığı ödemi için giderek daha fazla kullanılmaktadır [50, 56], ancak bu durumun mekanik bir kökenini destekleyecek hiçbir kanıt yoktur. Aslında, önceki retrospektif çalışmalar suprapatellar yağ yastığı ödemi ile patellafemoral dizilim bozukluğu ile arasında bir ilişki olmadığını göstermiştir [44, 45]. Ancak yakın tarihli bir çalışma, suprapatellar yağ yastığı ödemi ile patellofemoral eklemin 48 ay boyunca dejenerasyonu arasında bir ilişki olduğunu bildirmiştir [57].

Sıkışma sendromu tanısında MRG’de suprapatellar yağ yastığı, sıvıya duyarlı görüntülerde yüksek sinyal ve T1 ağırlıklı görüntülerde düşük sinyal (deri altı yağdan daha düşük) intensitesi ve kitle etkisiyle (suprapatellar eklem girintisine doğru dışbükey görünüm) boyutta bir artış gösterir [45, 58]. Yağ yastığı sinyali sıvıya yaklaştıkça kitle etkisinin daha fazla olduğu bildirilmiştir.

2.3 ULTRASON ELASTOGRAFİ

Tıbbi görüntüleme yöntemleri zamanla modern tıbbın vazgeçilmez bir parçası haline geldi. Görüntüler, fiziksel süreçlerin kontrast mekanizmaları olarak kullanılması temelinde yapılır. Örneğin, X-Ray görüntüleme, farklı dokuların kütle yoğunluğundaki farklılıklardan yararlanır. MRG farklı yumuşak dokuların görüntülerini oluşturmak için proton yoğunluklarını ve manyetik relaksasyon sürelerini kullanır. USG dokunun sıkıştırılabilirliği ile ilgili akustik empedans farklılıklarından yararlanır.

Patolojik dokuların normal dokulardan daha sert olduğu için palpasyon doktorlar tarafından yüzyıllardır uygulanmaktadır. Ancak palpasyonun, subjektif olması, muayene edenin yeterliliğine bağlı olması, derin veya küçük lezyonlara karşı duyarsız olması gibi bazı dezavantajları vardır.

Elastografi, dokunun anatomik özellikleri ve morfolojisiyle birlikte doku sertliği ve elastikiyetini ölçerek biyomekanik özellikler hakkında veri elde edilmesini sağlar. Bu açıdan elastografi, fizik muayenenin ayrılmaz bir parçası olan palpasyona benzetilebilir. Doku ne kadar sert olursa, deformasyon oranı o kadar düşük olur.

Son 25 yıldır bilim adamları, vücuttaki dokuların yumuşaklık-sertlik

farklılıklarına dayalı görüntüler oluşturmak için yöntemler üzerinde çalışılmaktadır. Bu görüntüleme modalitesi, elastisite görüntüleme veya elastografi olarak bilinir hale geldi. Böyle bir modalitenin avantajları, nesnel, nicel olması, denetçiden bağımsız olması ve yüksek uzamsal-zamansal çözünürlüğe sahip olmasıdır.

Tarihsel süreçte elastografi sıklıkla karaciğer, tiroid, meme, prostat gibi organların değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Günlük pratikte de halen bir çok merkezde kullanılmaktadır. Kas iskelet sisteminde ise USG ve USE klinikte hem rutin testlerde hem de araştırmalarda yaygın yöntemler haline gelmiştir. USE’de doku sertliği kantitatif olarak değerlendirilebildiği için son yıllarda daha da geliştirilmiştir ve klinikte giderek daha fazla kullanılmaya başlamıştır [59, 60].

Elastografik ölçümler, deformasyona neden olmak için bir tür mekanik uyarım gerektirir. Daha sonra ortaya çıkan deformasyonu ölçmek için bir ölçüm sistemine ihtiyaç vardır. Deformasyona mekanik titreşim gibi harici uygulanan bir kaynak, akustik radyasyon kuvveti gibi dahili bir kaynak veya kalbin pompalanması gibi endojen bir süreç neden olabilir.

Elastisite; bir dokunun dış kuvvet uygulandığında deforme olma ve dış kuvvet kaldırıldığında eski boyut ve şekline geri dönme özelliğidir.

Dokudan gelen sinyallerden elde edilen görüntüye elastogram denmektedir. Dış kuvvet uygulanan doku çevresinde meydana gelen değişiklikler sonoelastografi aracılığıyla ölçülerek incelenen dokuların elastikiyetini temsil eden kantitatif elastografi değerleri elde edilebilir [61].

Elastografi ise uygulanan kuvvete doku tepkisini, yani elastikiyetini ve sertliğini ölçen bir görüntüleme yöntemidir. Uygulanması kolay, ucuz olması kısa zamanda yapılabilmesi ve hiçbir zararlı etkisi olmadığı için US ile birlikte kullanılır. Ultrasonelastografi yapılabilmesi için cihazlara mekanik aksam ve yazılım eklenmelidir.

USE uygulanan dış kuvvete yanıt olarak doku yer değiştirmesini, deformasyonu, kuvvet ortadan kalktıktan sonra dokunun eski haline dönme sürecini görsel olarak izlemek için kullanılabilir.

Farklı uyarma yöntemlerini kullanan çeşitli USE teknikleri geliştirilmiştir. Genel olarak bunlar, dahili veya harici kompresyon uyaranlarını kullanan gerilim (strain) görüntüleme yöntemleri ve US probu ile oluşturulan hareketli kayma dalgası (shear) uyaranlarını kullanan enine dalga görüntüleme olarak sınıflandırılmıştır [62, 63].

2.3.1 ULTRASON ELASTOGRAFİ TEKNİKLERİ

İşlem esnasında kullanılan kuvvet ile sinyal elde etme biçimine göre sonoelastografi teknikleri değişiklik gösterir. Kuvvet ve fiziksel nicelik ölçümüne göre ayrı ayrı sınıflandırılabilir. Kullanılmakta olan kuvvete göre; dinamik veya yarı-statik, dokulardan sinyal toplama özelliklerine göre dokuların strain değerlerinin ölçümüne Strain (Gerinim) Elastografi bununla birlikte dokularda meydana gelen shear dalga hızlarının değerlendirilmesi ise Shear wave elastografi (SWE) olarak isimlendirilmektedir. Literatürde her yöntem ticari olarak temin edilen sistemlere göre farklı isimlerle adlandırılabilir. Bu farklı isimlendirme bazen karışıklıklara neden olmaktadır [64].

Kuvvet uygulanması sonrasında dokularda meydana oluşan boyut ve şekil değişikliğine gerinim denmektedir.

Dokuya uygulanan dış kuvvetin etkisiyle dokularda oluşan yer değişimi ve deformasyon strain elastografi tekniği ile ölçülmektedir. Strain elastografide kullanılan temel kuvvetler başlıca manuel operatör eli, fizyolojik hareketler(kardiyovasküler, respiratuar , doğal pulsasyonlar), eksternal mekanik bir cihaz veya ultrason probundan çıkan akustik dalga olabilir. Uygulanan gücün etkisiyle dokudaki yapısal bileşenlerin zaman içindeki yer değişiklikleri ölçülür. Deformasyona ve yer değişikliğine karşı dirençli dokular genellikle sert dokulardır [59].

Dokunun elastikiyeti ve sertliği uygulanan kuvvete verilen yanıtı değiştirir. Young modülü dış kuvvetle uyarılan dokunun elastisitenin aksiyel plandaki iç gerilimini sonografik olarak değerlendirilmesinde kullanılır [65].

Elastogramlar genellikle renkli olmasının yanında bazen gri skalada veya kombinasyonu şeklinde gerçek zamanlı olarak değerlendirilebilir. Yarı kantitatif (strain elastografi) ve kantitatif(shear) yöntemler ile dokuların strain değerleri ölçülerek

karşılaştırılabilir. Bu değerlendirme araçları sayesinde sonoelastografi yalnızca görsel bir değerlendirme olmaktan uzaklaşmıştır.

Genel olarak sonoelastografi teknikleri strain elastografi ve SWE olmak üzere ikiye ayrılabilir. Strain elastografi yani kompresyon elastografisi yarı- statik, ARFI ve SWE dinamik sonoelastografik yöntemlerdir [61].

Yarı-statik yöntemlerde dokular prob ile mekanik olarak uyarılır. Dinamik sonoelastografik tekniklerinde ultrason probundan çıkan akustik dalgalar ile dokular uyarılır ve dokulardan yayılan dalgalar ölçülür. Doku sertliğinin dış uyaranlar karşısında verdiği farklı yanıtlar her iki yöntemle de farklı şekilde ölçülebilmeye olanak sağlar.

Ortalama aynı derinliğe sahip ve normal olarak seçilen referans dokuyla strain elastografi değerleri birbirine oranlanarak gerinim indeksine ulaşılır. Semikantitatif bir değerlendirme olan gerinim indeksi nedeniyle strain elastografide gerçek bir kantifikasyondan bahsedilemez. Normal doku gerinimi ile incelenecek dokunun oranlanmasıyla gerinim indeksi elde edilir. Gerinim(Strain) indeksinin yüksek olması değerlendirilen dokunun daha sert olduğu anlamına gelmektedir. Göreceli sertlik ile ilgili bilgiye strain elastografi ile ulaşılabilirken mutlak değerlere SWE ile ulaşılmaktadır.

Strain oranı incelenen dokunun etrafındaki strain değerlerinin incelenen dokunun gerinim değerlerine oranıdır. İncelenecek olan alana, o alanı temsil edecek büyüklükte bir inceleme alanı [region of interest (ROI)] yerleştirilir. Bu alan ile aynı hızda yer alan normal dokudan ROI ile ölçüm yapılarak referans ROI'nin ilk ROI'ye oranı elde edilir(referans doku/incelenen doku). Strain oranı farklı lezyonların elastisitelerinin karşılaştırılmasında da kullanılmaktadır [61].

Kompresyondan önce ve sonra ulaşılan eko verileri karşılaştırılarak dokuların yer değiştirme oranları ölçülür. Daha sert dokularda daha az deformasyon meydana gelir ve sonuç olarak daha düşük strain daha yüksek Young modülü meydana gelir.

Daha yumuşak dokuların temsilen genellikle kırmızı, daha sert dokuları temsilen mavi ve orta esnekliğe sahip dokuları belirtmek için yeşil veya sarı renk kodlaması kullanılmaktadır [61].

Bu görüntüler üzerinden niteliksel karşılaştırma yapılabilir. Bununla

birlikte renkli görüntü elastografinin üzerinden ROI kullanılarak değerlendirmek istenilen doku ile referans bir dokunun (çoğunlukla cilt altı yağ doku) değerleri birbirlerine oranlanarak strain oranı (strain indeks) değeri elde edilir. Sonuç olarak strain indeks sayesinde yarıkantatif verilere ulaşılır [59, 66].

Strain elastografi ölçümünde kaliteyi etkileyen parametrelerin başında prob bası hızı, kuvveti ve pencere genişliği gelmektedir. Prob ile hedef arasında 3-4 cm mesafe olması dokuları daha iyi değerlendirebilmek için ideal sayılabilir. Palpasyon hızının dikkatle seçilmesi ve elastografi pencerelerinin boyutlarının incelenecek alana lokalize olarak belirlenmesi görüntü gürültüsünü azaltmada etkilidir. Prob basısının mümkün olduğu kadar eşit aralıklı olması, prob hareketinin tek yönde olması ve prob bası hızının yavaş olması daha kaliteli görüntü oluşmasını sağlamaktadır [61]. Serbest elle yapılmakta olan elastografi tekniği ile elde edilen gözlemci içi ve gözlemciler arası değerler arasında anlamlı farklılık gösterilmemiştir [67].

ARFI elastografi tekniğinde US probu tarafından oluşturulan odaklanmış akustik radyasyon kuvveti kullanılır. Manuel veya kompresyon kuvveti kullanılmadığından dolayı güvenilebilirlik ve tekrarlanabilirlik artmaktadır. Doku içi bileşenlerin yer değişikliklerinin ölçülmede önce elde edilen görüntü ve sonrasında RF-eko takibi kullanımı ile ölçülebilir kalitatif elastogram olarak gösterilebilir.

Dokuda meydana gelen yer değişikliği ARFI esnasında kullanılan kuvvetin gücü ile direkt olarak ilişkilidir. Ses dalgasının yönünde dokularda meydana gelen itme kuvveti sonrasında yumuşak dokular sert dokulardan daha fazla yer değiştirmektedir. Daha az kullanıcı bağımlı olması ile strain elastografiden farklılık göstermektedir [66, 68, 69].

Gri skala oluşumundan sorumlu primer US dalgalarıyla birlikte doku içerisinde ilerleyen ARFI dalgalarına dik,yatay eksenden yayılan shear dalgaları oluşmaktadır.

ARFI tekniğinde dokularda meydana gelen yer değişiklikleri ölçülerek kalitatif değerler elde edilmekle birlikte, SWE ölçümü ile birlikte de dokunun elastisitesine dair kantitatif verilere ulaşılabilir.

SWE’de incelenmekte olan dokuya odaklanmış akustik dalgaların, dokuların içinde cilde paralel olarak ve ana dalgaya dik bir şekilde yayılan transvers dalgalara

shear wave adı verilmektedir.

Shear dalgaları US tarafından oluşturulmakla beraber mekanik dalgalar olup hızları da yine US aracılığıyla ölçülmektedir. Doku elastisitesinin göstergesi doku içindeki shear dalgalarının yayılım hızlarıyla doğru orantılıdır. Dokuların sertliği arttıkça shear dalgalarının hızı artar. Bu hızların ölçülerek ölçüm yapılan alanda farklı renkler ve tonlarda kodlanmasıyla kantitatif ve kalitatif değerler elde edilmektedir. Isı enerjisine dönüşen shear dalgaları sebebiyle uzun süreli incelenen ortam ısıısının artmasına neden olmakla birlikte dalga hızlarında değişikliğe sebep olabilmektedir [70].

Shear dalgaları oluşturulurken uygulanacak olan güç mekanik veya ARFI demeti ile sağlanabilir.

SWE’de doku sertliğinin shear dalgası hızını ölçerek kilo Pascal (kPa) ya da metre/saniye (m/s) ile ifade edildiği kantitatif bir yöntemdir [61]. SW hızı doku sertliğinin karekökü ile orantılıdır (Young modülü).

Transient elastografi (TE), Noktasal Shear wave Hız Ölçümü Elastografisi (Point shear wave), Shear wave Hız Görüntüleme Elastografisi (2D shear wave) olarak dış güç tipine ve oluşan shear dalgalarının özelliklerine göre 3 başlık altında toplanabilir.

Uygulan kuvvetin ölçülen gerinime oranı Young elastik modülünü vermektedir. Gerçek zamanlı sonoelastografi yöntemi olmakla beraber birimi kilopascal (kPa) ile ölçülmektedir. Renk spektrumu için çoğunlukla koyu mavi (0 kPa) ve kırmızı (180 kPa) arasında değişiklik göstermektedir. Yumuşak elastisite için açık ve koyu mavi, sert elastisite için kırmızı renk kullanılmaktadır. Ara elastisite ise yeşil ve turuncu ile temsil edilmektedir. Basit kistler, yoğun kollejan barından sert kitleler sinyalsiz alanlar oluşturabilmektedir. Shear dalgaları çok sert dokularda yayılım göstermezler [62, 71].

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulundan 22-KAEK-107 sayılı etik kurul kararı ile onay alındıktan sonra çalışmaya başlanmıştır.

Çalışmaya Mart 2017-Aralık 2021 tarihleri arasında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi polikliniklerinden diz ağrısı nedeniyle Radyoloji Anabilim Dalında rutin diz MRG çekilen 20-60 yaş arası olguların görüntüleri değerlendirildi.

Kliniğimizde Manyetik Rezonans görüntülemeye 1.5T (General Electric's, Signa Explorer) 16 ch Flexible koil kullanılarak Sag T1 FSE, Sag PD FSat, Sag T2 FSE FS, Ax PD FSE FS, Cor PD FSE FS ve diffüzyon ağırlıklı sekanslar elde edilerek diz MRG çekimi gerçekleştirilmiştir.

Bu hastaların görüntüleri retrospektif olarak değerlendirilmiştir. MRG görüntüleri kas-iskelet radyolojisi alanında tecrübeli bir radyolog tarafından iş istasyonlarında ayrı ayrı incelendi.

MRG tetkikinin ardından, PD sekansında suprapatellar yağ yastıkçığında ödem ve kitle etkisi bulunan kişiler hasta grubu ve gönüllü sağlıklı erişkin kişiler de dahil olmak üzere iki olgu grubu ile yürütülmüştür. Diz ekleminde belirgin dejenerasyonu ve osteoartriti olan kişiler çalışmaya dahil edilmedi.

Hastalar telefon ile aranarak çalışma hakkında bilgi verilmiştir olup çalışmaya katılmak isteyen tüm olgular yapılacak işlemler hakkında bilgilendirilmiş; katılımcılara asgari bilgilendirilmiş gönüllü onam formu verilerek uygun ortamda okumaları ve anlamaları sağlandıktan sonra onaylamaları halinde çalışmaya devam edilmiştir.

Sonoelastografik işlemlerinde, ölçümler Logiq E9 (GE Healthcare, Milwaukee, USA) ile 9L MHz prob kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Olgular supin pozisyonunda USG sedyesinde konumlandırılmış ve dizlerinin altında katlanmış havlu ile yükseklik oluşturulmuştur. Olgulara işleme başlamadan önce klinik değerlendirilme olarak patella süperiorunda ağrı olup olmadığı sorgulandı ve not edildi. Ölçüm yapılacak alan görüntü düzleminde iken, B mod görüntülerde yağ yastıkçığı net bir şekilde görüldükten ve inceleme düzleminde artefakt bulunmadığından emin olunduktan sonra dokuya SWE uygulanıp elde edilen görüntüler üzerinde sirküler

standart ROİ kullanılarak belirlenen 3 ayrı yerden her ölçüm noktasından 5 farklı ölçüm yapıldı. Ayrıca yağ yastıkçığının toplam alanı manuel olarak çizilerek 5 farklı ölçüm yapıldı. Bunların ortalamaları metre/saniye (m/s) ve kilopaskal (kPa) cinsinden elastisite değerlerine ulaşmamızı sağladı. Her bir katılımcıda ölçüm kutucuğunun en az %80'inde ve homojen renk kodlaması önem verildi. Tüm ölçümler aynı radyolog tarafından gerçekleştirilmiş olup ölçüm öncesinde bireylerin en az 20 dakika istirahat etmeleri sağlanmıştır.

Her katılımcı için ultrason elasto ölçümleri IQR/median oranı %30 üzerinde olanlar çalışmaya dahil edilmemiştir.

Ayrıca MRG'de SPYÖ saptanan olgular sinyal intensitelerine göre görsel olarak hafif-orta-ileri şeklinde derecelendirildi.

Elde edilen veriler hasta çalışma formuna kaydedildi. Elde edilen verilerin analizi SPSS 18.0 versiyonu ile yapıldı. Sürekli değişkenlerden normal dağılıma uygunluk gösteren veriler ortalama $\pm$ Standart Sapma, normal dağılıma uygunluk göstermeyen veriler ortanca [interquartile range (IQR)] ile tanımlandı. Kategorik değişkenler numaralandırılacak ve yüzdeler (%) ile belirtildi. Sürekli değişkenler Student-t-Testi ve Mann-Whitney U testi ile karşılaştırıldı. Kategorik değişkenler ise Ki-Kare testi ile karşılaştırıldı. Tanısal performansları ve cut-off değerleri receiver operating curves (ROC) eğrileri ile değerlendirildi. P değeri 0,05'den küçük olan değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

Çalışmaya 35 SPYÖ ve 31 kontrol grubu olmak üzere, 41 (%62.1) kadın ve 25(%37.9) erkek katılımcı dahil edilmiş olup sayıları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Cinsiyete Göre Katılımcı Sayıları, Kontrol ve SPYÖ Grupları

Cinsiyet	Kadın	41(62,1)
	Erkek	25(37,9)
Grup	Hasta	35
	Kontrol	31

Genel çalışma grubunda Stiffnes ve Yaş ortalama, standart sapma, medyan, minimum ve maksimum değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2 : Stiffnes elasto değerleri ve Yaş Ortalama, Standart Sapma, Medyan, Minimum ve Maksimum Değerlerinin Genel Dağılımı

	Ortalama±SS	Medyan	Minimum	Maksimum
S1ort(kPa)	19,43±10,19	17,94	4,22	52,85
S2ort(kPa)	17,37±9,75	14,92	4	47,64
S3ort(kPa)	24,38±14,62	22,89	6,22	79,9
SAort(kPa)	20,04±9,30	17,92	6,67	47,85
Yaş(yıl)	37,8±10,37	38	20	60

S1ort: Stiffnes 1 ortalama, S2ort: Stiffnes 2 ortalama, S3ort: Stiffnes 3 ortalama, SAort: Stiffnes Alan ortalama

Cinsiyet açısından kontrol ve SPYÖ grupları arasında karşılaştırmalar Tablo 3 de verilmiştir. Kontrol grubunda 13 erkek katılımcı ve 18 kadın katılımcı bulunurken, SPYÖ grubunda ise 23 kadın katılımcı ve 12 erkek katılımcı bulunmaktadır. Kontrol ve SSYÖ grupları arasında cinsiyet yönünden istatistiksel fark bulunmamaktadır (p:0.70).

Tablo 3 : Cinsiyete Göre Katılımcı Sayıları, Kontrol ve SPYÖ Grupları Arasında Karşılaştırma

Tüm katılımcılar(N:66)						
		Hasta(N:35;%53.1)		Kontrol(N:31;%46.9)		p
		Sayı	Yüzde(%)	Sayı	Yüzde(%)	
Cinsiyet	Erkek(N:25;%37.9)	12	34.2	13	41.9	0.70
	Kadın(N:41;%62.1)	23	65.3	18	58.1	

Kontrol ve SPYÖ grubunda yaş açısından ortalama değerleri ve ortalama değerlerin karşılaştırılması Tablo 4’te verilmiştir. Kontrol grubunda yaş ortalama değeri 37.64±10.60 yıl, SPYÖ grubunda 37.94±10.26 yıl olarak hesaplanmıştır. Gruplar arasında istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmamaktadır(p:0.908).

Tablo 4 : Kontrol ve SPYÖ Gruplarında Yaş Ortalama Değerlerinin Karşılaştırılması

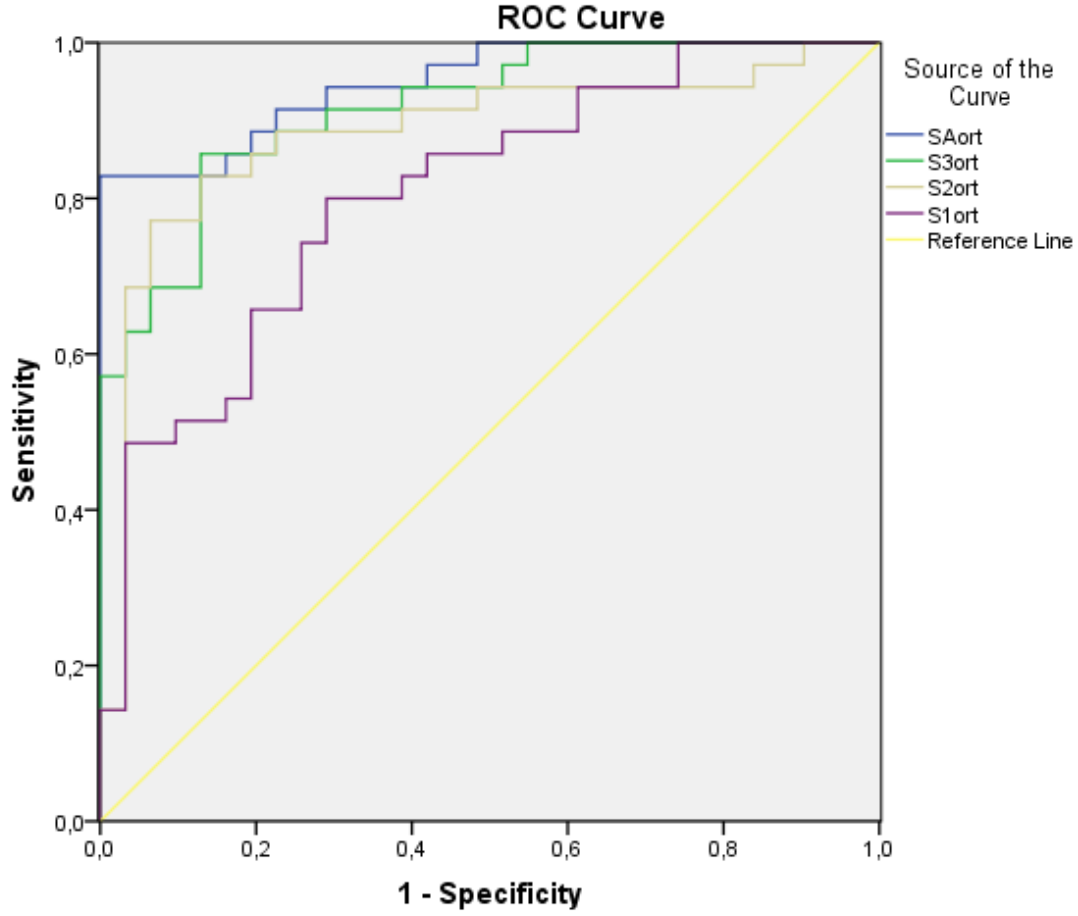
Kontrol		Hasta	p
Ortalama(SS)		Ortalama(SS)	
Yaş	37.64(10.26)	37.94(10,60)	0,908

Çalışmaya katılan olguların elastografi sonuçlarının karşılaştırılması Tablo 5’da gösterilmiştir. Çalışmaya katılan olguların elastografi sonuçları istatistiksel olarak karşılaştırıldığında aralarında anlamlı farklılık saptanmıştır (p<0,001**).

Tablo 5 : Kontrol ve SPYÖ Gruplarında Strain elastografi Değerlerinin Karşılaştırılması

Grup			
	Hasta ort.(ss)	Kontrol ort. (ss)	p
S1ort(kPa)	24,34(10,36)	13,89(6,61)	,000
S2ort(kPa)	22,87(9,55)	11,15(5,26)	,000
S3ort(kPa)	32,97(14,64)	14,68(6,08)	,000
SAort(kPa)	26,14(8,69)	13,14(3,04)	,000

S1ort: Stiffnes 1 ortalama, S2ort: Stiffnes 2 ortalama, S3ort: Stiffnes 3 ortalama, SAort: Stiffnes alan ortalama



Şekil 1 : Suprapatellar yağ yastıkçığı SWE ROC analizi eğrisi

SWE ölçüm sonuçlarına uygulanan ROC analizleri Tablo 6’ da verilmiştir.

SPYÖ olduğu durumda S1ort. değeri testin pozitif sonuç verme olasılığı %74.3 ve seçiciliği % 25.8’dir.

SPYÖ olduğu durumda S2ort. değeri testin pozitif sonuç verme olasılığı %82.9 ve seçiciliği % 16.1’dir.

SPYÖ olduğu durumda S3ort. değeri testin pozitif sonuç verme olasılığı %85.7 ve seçiciliği % 12.9’dir.

SPYÖ olduğu durumda SAort. değeri testin pozitif sonuç verme olasılığı %82.9 ve seçiciliği % 16.1’dir.

Tablo 6 : Suprapatellar yağ yastıkçığı elasto verileri ROC analizi

ALAN	AUC(%95)	Cutt of	p	Duyarlılık(%)	Özgüllük(%)	Std. Hata
S1 ort	0.806(0.701-0.910)	17,77	0	74,3	25,8	0,053
S2 ort	0.883(0.794-0.972)	14,63	0	82,9	16,1	0,045
S3 ort	0.916(0.852-0.980)	22,17	0	85,7	12,9	0,033
SA ort	0.949(0.902-0.997)	17,26	0	82,9	16,1	0,024

S1ort: Stiffnes 1 ortalama, S2ort: Stiffnes 2 ortalama, S3ort: Stiffnes 3 ortalama, SAort: Stiffnes alan ortalama

Tablo 7 : SPYÖ olan olguların ağrıyla ilişkisi

	Gruplar		p
	Ağrısı olanlar N(ort.)	Ağrısı olmayanlar N(ort.)	
S1 ort.	10(15,5)	25(19)	0,361
S2 ort.	10(17,3)	25(18,28)	0,798
S3 ort.	10(18,6)	25(17,96)	0,971
SA ort.	10(15,6)	25(18,96)	0,381

S1ort: Stiffnes 1 ortalama, S2ort: Stiffnes 2 ortalama, S3ort: Stiffnes 3 ortalama, SAort: Stiffnes alan ortalama

MRG incelemesinde SPYÖ saptanan olgulara elasto ölçümleri öncesinde kişilere patella süperiorunda ağrısı olup olmadığı sorgulandı ve buna göre gruplandırıldı. 10 kişide ağrı varlığı doğrulandı. Ağrısı olan ve olmayan gruplar arasında elastisite ölçüm değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı.

Tablo 8 : SPYÖ olan olguların MRG intensitelerinin karşılaştırılması

Gruplar				
	Grup 1 N(ort.)	Grup 2 N(ort.)	Grup 3 N(ort.)	p
S1 ort.	8(14,38)	17(21,18)	10(15,5)	0,199
S2 ort.	8(16,13)	17(19,29)	10(17,30)	0,746
S3 ort.	8(16,88)	17(18,47)	10(18,10)	0,936
SA ort.	8(17,13)	17(19,82)	10(15,60)	0,564

S1ort: Stiffnes 1 ortalama, S2ort: Stiffnes 2 ortalama, S3ort: Stiffnes 3 ortalama, SAort: Stiffnes alan ortalama

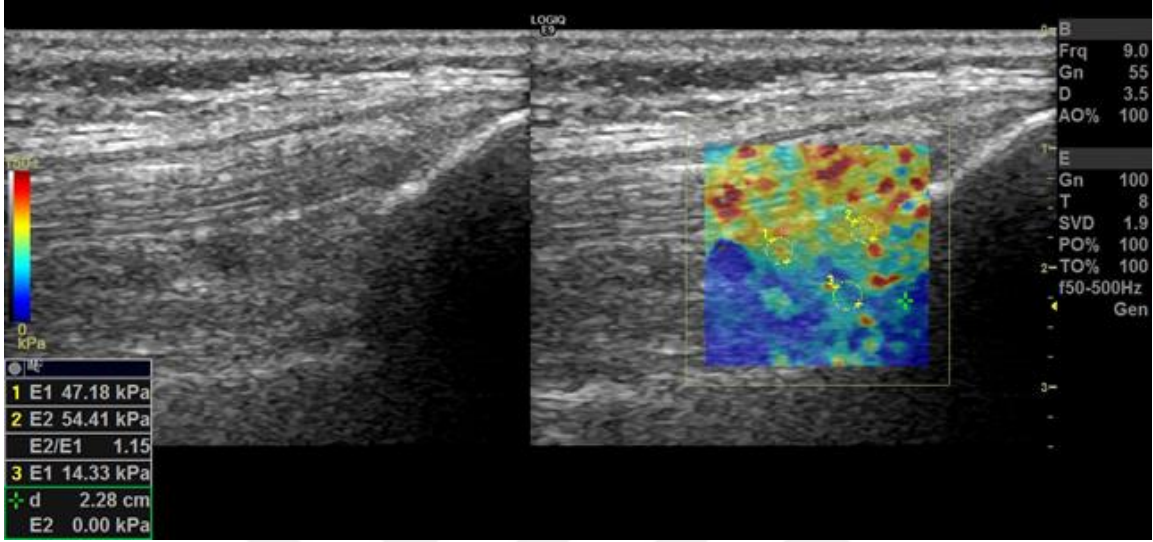
MRG incelemesi esnasında SPYÖ intensitesi hafif-orta-ileri olarak değerlendirildi ve not edildi. Gruplar arasında elastisite değerlerinde anlamlı farklılık saptanmadı.

Tablo 9 : Yaş ile SPYY SWE ölçümleri kolerasyonu

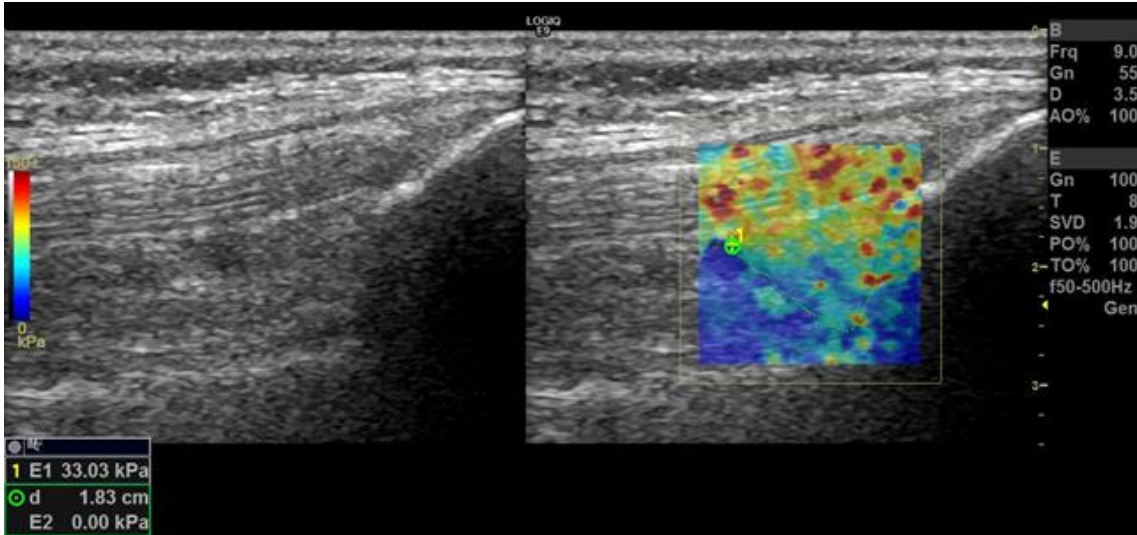
	Yas
S1 ort.	,082
S2 ort.	-,133
S3 ort.	-,109
SA ort.	-,051

Yaş ile ortalamalar arasında kolerasyon katsayı -0,133 ile 0,082 arasında değişiyordu. Yaş ile ortalamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı korelasyon saptanmadı.

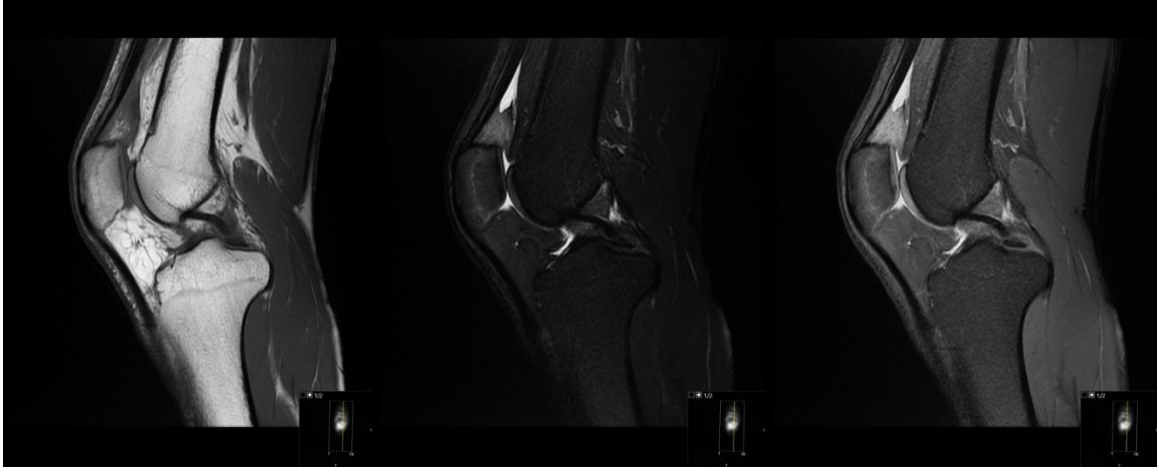
5. OLGU ÖRNEKLERİ ve SPYY ELASTO ÖLÇÜMÜ



Şekil 2 : 35 yaş erkek hastanın suprapatellar yağ yastıkçığının ROİ kullanılarak SWE ölçümlerinin yapılışı. ‘Stiffnes 1’ değeri suprapatellar yağ yastıkçığı süperioru düzeyinden yapılan ölçümleri tanımlarken, ‘Stiffnes 2’ değeri anteroinferioru, ‘Stiffnes 3’ değeri ise posteroinferioru düzeyinden yapılan ölçümleri tanımlamaktadır.



Şekil 3: 35 yaş erkek hastanın suprapatellar yağ yastıkçığı manuel olarak alanı çizilerek Stiffness Alan değerini tanımlamaktadır.



Şekil 4: 35 yaş erkek hastanın T1-T2 FSE FS ve PD FSat MRG görüntüleri. Görüntülerde suprapatellar yağ yastıkçığında kitle etkisi ve ödem ile uyumlu sinyal değişiklikleri görülmektedir.

6. TARTIŞMA

Fokal diz yağ bozukluklarından en bilineni Hoffa hastalığıdır [6, 86, 87]. Hoffa hastalığında yağ yastığının anormal MRG paterni, T2 ağırlıklı görüntülerde hiperintens sinyal, T1 ağırlıklı görüntülerde hipointens sinyal ve çevrede kütle etkisi ile yağ yastığının genişlemesi olarak tanımlanmıştır [6]. Biz de çalışmamızda benzer bir antite olan suprapatellar yağ yastığında meydana gelen bozukluğu tanımladık.

Suprapataller yağ yastığı sendromu (SPYS), klinik olarak patellanın üst kutbu üzerinde hassasiyet ve derin diz fleksiyonunda ağrı ile karakterize edilen, ön diz ağrısının nedeni olabilir. Manyetik rezonans görüntüleme, tipik bir dışbükey görünüme sahip hipertrofiyi ve T2 ağırlıklı sagittal görüntülerde yüksek sinyal yoğunluğu ile karakterize edilen kuadriseps yağ yastığının ödemi gösterir. Klinik bulguların yokluğunda, yalnızca MRG bulgularına dayanarak SPYS tanısı koymak uygun olmayabilir çünkü diz önü ağrısının olmadığı durumlarda suprapataller yağ yastığı ödemi (SPYÖ) mevcut olabilir [4, 8]. Başka bir deyişle SPYS klinik bir antitedir; ancak, SFYÖ bir görüntüleme bulgusudur ve ön diz ağrısı ile ilişkili olabilir veya olmayabilir [9]. SFYS'nin etiyojisi henüz tam olarak anlaşılamamıştır. Daha önce, patellofemoral (PF) anormalliklere eşlik eden ödem varlığını açıklamaya yönelik birkaç çalışma yapılmıştır [4, 8, 9, 72]. Bu çalışmaların çoğu, retrospektif çalışma tasarımlarında diz MRG'de rastlantısal bir bulgu olan SPYY'nin suprapatellar bursa üzerine kitlesel etkisini bildirdi.

MRG, yüksek doku kontrastı ile kas-iskelet görüntülemeye benzersiz yüksek çözünürlüklü anatomik görüntü ortaya koyabilmektedir [73]. Bu nedenle kemik, eklem ve yumuşak doku patolojilerinde uygulanan en değerli yöntemdir. Ancak pahalı olması, klostrofobi, implante edilmiş ferromanyetik cihazlar gibi doğal dezavantajları, MRG'yi her hasta için uygun hale getirmez. USG MRG'nin gerisinde kalsa da kas-iskelet sistemi patolojilerinin tanısında gelişmeye devam etmiştir [74]. B-Mode US, gerçek zamanlı görüntü oluşturması ve nispeten düşük maliyeti nedeniyle kas-iskelet sistemi patolojilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. SWE, yumuşak dokuların sertliğini ek olarak değerlendiren bir yöntemdir [75]. Tiroid bezi, meme ve böbrek gibi parankimal organlarla ilgili çeşitli çalışmalarda doku sertleşmesi ile malignite arasında anlamlı ilişkiler bulunmuştur [76-78]. Öte yandan tendon, kıkırdak ve kas gibi kas-iskelet dokuları ile ilgili çalışmalarda bu yapıların yumuşaması ve patolojileri arasında anlamlı

ilişkiler bulunmuştur [75, 79-81]. Literatüre göre organ sistemine göre değişmekle birlikte doku sertliğinin ölçülebilir ve objektif değerleri patolojilerin teşhisinde yardımcı olabilir ve klinisyenler için faydalı olabilir.

Çalışmamızda suprapatellar yağ yastıkçığı SWE stiffness değerlerinin suprapatellar yağ yastıkçığı ödemi (SPYÖ) hastalarında kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu ve bu farkın istatistiksel açıdan anlamlı olduğu bulduk. Çalışmamızda kontrol grupta SPYY stiffness ortalama değeri 13.14 ± 3.04 ölçtük. SPYÖ grubunda ise ortalama değeri 26.14 ± 8.69 olarak ölçülmüş olup kontrol grubu ortalamasına göre anlamlı olarak yüksek çıktı ($p=0.00$).

MRG'de görsel olarak SPYÖ derecelendirilmesi hafif-orta-ileri intensite olarak değerlendirildi. Gruplar arasında elastisite değerlerinde anlamlı farklılık saptanmadı. Populasyon azlığı, doku sertliğini etkileyen ödem-fibrozis gibi faktörler anlamlı farklılıklar saptanmamasına neden olmuş olabilir. Litaratürde daha geniş ölçekli çalışmalar yapılmasına ihtiyaç olabilir.

Çalışmamızda elastografi değerlendirme öncesinde SPYÖ olan kişilere patella süperiorunda ağrısı olup olmadığı sorgulandı ve buna göre gruplandırıldı. Ağrısı olan ve olmayan gruplar arasında elastisite ölçüm değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı.

Literatürde yapılan bir çalışmada immün hücre infiltrasyonu ve adipoz dokudaki ödemin elastikiyette değişikliklere yol açacağı bilgisine dayanarak Real time elastografi'nin (RTE) yağ dokusu ödemi tanısında yararlı olacağını düşünmüşler ve çalışmalarında suprapatellar yağ yastıkçığı strain değerlerinin, sıkışma sendromlu hastalarda normal olgulara göre anlamlı olarak yüksek olduğunu bildirmişlerdir {Nalbant, 2022 #142}. Nalbant çalışmasında ağrısı olan kişilerin hepsini hasta grubu olarak değerlenmiştir ancak biz çalışmamızda ağrısı olmayan SPYÖ olan kişileri de gösterdik.

Her iki çalışmada da MRG'de izlenen tüm kitle etkili SPYÖ'nin klinik olarak anlamlı olmayacağını bildiren çalışmalar olmasına rağmen, çalışma sonuçlarımız anormal SWE bulgularının klinik olarak semptomatik hastaların tanısında klinisyenlere yardımcı olabileceği fikrini desteklemektedir. US kolay uygulanabilirliği göz önüne alındığında elastografide artan hızın yada sertliğin MRG'deki ödemin göstergesi olabileceği ve bu konuda tanıda yardımcı olabilir.

Strain USE'deki sorunlar, tekniğin kendisinde var olan kısıtlamalar, kas-iskelet sisteminin özellikleri ile ilişkili olması ya da ölçümlerin kantitatif olmamasıdır. Bu

durum araştırmacıları elastogramların değerlendirilmesi için yarı nicel ölçümler ile çeşitli yöntemler kullanmaya yönlendirmiştir [83]. Tüm vakalarda aynı teknik (Strain EUS) uygulansa bile, bulguların yorumlanmasında önemli ölçüde kafa karışıklığına, tekrarlanabilirlik eksikliğine ve farklı çalışmalardan elde edilen sonuçların karşılaştırılmasında zorluğa yol açmıştır. Bu ve benzeri nedenlerden ötürü biz çalışmamızda SWE tekniğini kullanmaya karar verdik. Literatürde SPYY ile ilgili SWE tekniğini kullanarak yapılan çalışma bildirilmemiştir.

B-Mode görüntüleme ile önceki çalışmalarda ödematöz SPYY'nin ekojenitesi hipoeoik olarak kaydedilmiştir, ancak karşılaştırmada hangi dokunun kullanıldığı belirtilmemiştir [84, 85]. Başka bir çalışmada ise SPYY ekojenitesi, deri altı yağ dokusu ile karşılaştırıldığında ya hiperekoik ya da izoeoik olarak bulunmuştur {Nalbant, 2022 #143}.

Ayrıca çalışmamız SPYY'nin stiffness değerlerinin sağlıklı ve hasta gruplarında ki ortalama değerlerini, bu değerlerin yaş parametresi bakımından farklılık göstermediğini ortaya koyarak literatüre katkı sağlamaktadır.

Patellar tendon, kuadriseps tendonu, femoral kıkırdak yaşı, patella dış korteksi, diz önü yağ yastıkçıkları, diz önü bursaları sonografi ile eř zamanlı olarak değerlendirilebilmekte ve USG diğer ekstremiteler ile karşılaştırmaya da olanak sağlamaktadır. Bu nedenle, izole diz önü ağrısı olan, travma veya cerrahi öyküsü veya fizik muayenede menisküs/ligament patolojisi olmayan genç hastalarda USG ve elastosonografi birinci basamak görüntüleme yöntemi olarak düşünölebilir. SPYS sendromu tanısı klinik olarak konulsa da SWE'nin ön diz ağrısında yağ dokusu ödemi/iltihabı tanısında klinisyenlere yardımcı olabileceğine inanıyoruz. Çünkü elde edilen sertlik değerleri daha zaman alıcı MRG'ye ihtiyacı azaltıp klinik uygunluk halinde tanıya katkı sağlayabilir.

Hoffa hastalığı olan hastalarda histolojik olarak fibrinle tıkalı kan damarlarının yanı sıra fibröz doku, lökositler ve perivasküler hücreler olduğu gösterilmiştir [86]. Suprapatellar yağ yastığının görüntüleme kılavuzluğunda biyopsisi olan popölasyonda bir hastada histolojik analiz, kan damarlarının obliterasyonu ile vaskülit ve burada açıklanan histolojik değişikliklere çok benzeyen inflamatuvar bir yanıtı ortaya çıkardığı gösteren çalışmalar vardır [8].

Sıkışma sendromunda yağ yastığının histolojik değişimi göz önüne alındığında, dokuların göreceli sertliğini değerlendiren elastografi ve dokuların kayma dalgası hızlarını doğrudan ölçen kayma dalgası görüntüleme gibi gelişmiş ultrason yazılım

tekniklerinin değerlendirilmesi ilginç olacaktır. Son zamanlarda yapılan bir çalışma, elastografi [88] dahil olmak üzere yağ yastığının normal dokuya özgü parametrelerini göstermiştir ve gelecekteki çalışmalar, normal ve semptomatik yağ yastıklarının sertliğindeki farklılıkları değerlendirmek için bu bulgular üzerine inşa edilmelidir. Histolojik korelasyon eksikliği bu parametrelerin yorumlanmasını zorlaştırırsa da yağ yastığı elastografisi ve/veya kayma dalgası görüntüleme, yağ yastığı kısmi eksizyon cerrahisinden önce histolojik korelasyon için potansiyel olarak kullanılabilir.

Çalışmamızda bazı limitasyonlar bulunmaktadır. Bunların başlıcaları çalışmanın retrospektif olması, gözlemciler arası ve gözlemci içi varyasyonların değerlendirilememesi ve çalışmamızın küçük bir grupta yapılmasıdır.

Özetle, suprapataller yağ yastığı ödemi belirsiz klinik öneme sahiptir, ancak Hoffa'nın infrapatellar yağ yastığı hastalığına benzer olabilir. Bulgularımızı doğrulamak ve bu bozukluğun patogenezi ve klinik etkisini anlamak için daha fazla çalışma yapılması gerektiğini düşünmekteyiz.

7. KAYNAKLAR

1. Magee, D.J., *Orthopedic physical assessment-E-Book*. 2013: Elsevier health sciences.
2. Percy, E. and R. Strother, *Patellalgia*. The Physician and Sportsmedicine, 1985. **13**(7): p. 43-59.
3. Werner, S., *Anterior knee pain: an update of physical therapy*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, 2014. **22**(10): p. 2286-94.
4. Roth, C., et al., *Quadriceps fat pad signal intensity and enlargement on MRI: prevalence and associated findings*. American Journal of Roentgenology, 2004. **182**(6): p. 1383-1387.
5. Roemer, F.W., et al., *Magnetic resonance imaging of Hoffa's fat pad and relevance for osteoarthritis research: a narrative review*. Osteoarthritis and Cartilage, 2016. **24**(3): p. 383-397.
6. Jacobson, J.A., et al., *MR imaging of the infrapatellar fat pad of Hoffa*. Radiographics, 1997. **17**(3): p. 675-691.
7. Schweitzer, M.E., et al., *MR imaging of the knee: can changes in the intracapsular fat pads be used as a sign of synovial proliferation in the presence of an effusion?* AJR. American journal of roentgenology, 1993. **160**(4): p. 823-826.
8. Shabshin, N., M.E. Schweitzer, and W.B. Morrison, *Quadriceps fat pad edema: significance on magnetic resonance images of the knee*. Skeletal radiology, 2006. **35**(5): p. 269-274.
9. Jarraya, M., et al., *MRI findings consistent with peripatellar fat pad impingement: how much related to patellofemoral maltracking?* Magnetic Resonance in Medical Sciences, 2018. **17**(3): p. 195.
10. Gültekin, S., *Ultrasonografide yeni uygulamalar*. Türk Radyoloji Seminerleri, 2014. **2**(2).
11. Sigrist, R.M., et al., *Ultrasound elastography: review of techniques and clinical applications*. Theranostics, 2017. **7**(5): p. 1303.
12. Yakut, Z., A. Turan, and M. Teber, *Kas-İskelet Sistem Uygulamalarında Ultrason Elastografi*. Selcuk Med J, 2014. **30**(2): p. 88-92.
13. Hsiao, M.-Y., et al., *Reduced patellar tendon elasticity with aging: in vivo assessment by shear wave elastography*. Ultrasound in medicine & biology, 2015. **41**(11): p. 2899-2905.
14. McLaughlin, J. and D. Renzi, *Shear wave speed recovery in transient elastography and supersonic imaging using propagating fronts*. Inverse Problems, 2006. **22**(2): p. 681.
15. Moore, K.L., A. Dalley, and A. Agur, *Clinically oriented anatomy II*. 2014, Philadelphia: Wolters Kluwer Health/Lippincott Williams & Wilkins.
16. Gray, H., *Standring S. Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice*. 2005, Edinburgh: Elsevier Churchill Livingstone.
17. Dargel, J., et al., *Biomechanics of the anterior cruciate ligament and implications for surgical reconstruction*. Strategies in Trauma and Limb Reconstruction, 2007. **2**(1): p. 1-12.
18. Kraeutler, M.J., et al., *Anatomy and biomechanics of the native and reconstructed anterior cruciate ligament: surgical implications*. JBJS, 2017. **99**(5): p. 438-445.
19. Buuck, D.A., *Disorders of the patellofemoral joint*. 2004: Lippincott Williams & Wilkins.
20. WARREN, L.F., J.L. MARSHALL, and F. GIRGIS, *The prime static stabilizer of the medial side of the knee*. JBJS, 1974. **56**(4): p. 665-674.

21. LF, W., *The supporting structures and layers on the medial side of the knee*. J Bone Joint Surg, 1979. **61**: p. 56-62.
22. LaPrade, R.F., et al., *The anatomy of the medial part of the knee*. JBJS, 2007. **89**(9): p. 2000-2010.
23. Detterline, A., J. Babb, and F.R. Noyes, *Medial and anterior knee anatomy*. Noyes' Knee Disorders: Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes E-Book, 2016. **1**.
24. Cohen, M., et al., *An anatomical three-dimensional study of the posteromedial corner of the knee*. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2011. **19**(10): p. 1614-1619.
25. Covey, D.C., *Injuries of the posterolateral corner of the knee*. JBJS, 2001. **83**(1): p. 106.
26. Davies, H., A. Unwin, and P. Aichroth, *The posterolateral corner of the knee: anatomy, biomechanics and management of injuries*. Injury, 2004. **35**(1): p. 68-75.
27. Ali, S.A., R. Helmer, and M.R. Terk, *Analysis of the patellofemoral region on MRI: association of abnormal trochlear morphology with severe cartilage defects*. American Journal of Roentgenology, 2010. **194**(3): p. 721-727.
28. KARCI, T., et al., *Prepatellar Bursiti Taklit Eden Lateral Retinakulum Yırtığı*. Düzce Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2012. **2**(3): p. 22-23.
29. Terry, G.C., J.C. Hughston, and L.A. Norwood, *The anatomy of the iliopatellar band and iliotibial tract*. The American Journal of Sports Medicine, 1986. **14**(1): p. 39-45.
30. Strickland, J.P., E.W. Fester, and F.R. Noyes, *2-Lateral and Posterior Knee Anatomy*. Noyes' Knee Disorders: Surgery, Rehabilitation, Clinical Outcomes, 2016: p. 23-35.
31. Jia, Y., et al., *Anatomic proximity of the peroneal nerve to the posterolateral corner of the knee determined by MR imaging*. The Knee, 2012. **19**(6): p. 766-768.
32. James, E.W., C.M. LaPrade, and R.F. LaPrade, *Anatomy and biomechanics of the lateral side of the knee and surgical implications*. Sports medicine and arthroscopy review, 2015. **23**(1): p. 2-9.
33. LaPrade, R.F., et al., *The anatomy of the posterior aspect of the knee: an anatomic study*. Jbjs, 2007. **89**(4): p. 758-764.
34. Leese, J. and D.C. Davies, *An investigation of the anatomy of the infrapatellar fat pad and its possible involvement in anterior pain syndrome: a cadaveric study*. Journal of Anatomy, 2020. **237**(1): p. 20-28.
35. Standring, S., et al., *Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice*. American journal of neuroradiology, 2005. **26**(10): p. 2703.
36. Śmigielski, R., et al., *Medial meniscus anatomy—from basic science to treatment*. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy, 2015. **23**(1): p. 8-14.
37. Bryceland, J.K., A.J. Powell, and T. Nunn, *Knee Menisci: Structure, function, and management of pathology*. Cartilage, 2017. **8**(2): p. 99-104.
38. Logterman, S.L., F.B. Wydra, and R.M. Frank, *Posterior cruciate ligament: anatomy and biomechanics*. Current reviews in musculoskeletal medicine, 2018. **11**(3): p. 510-514.
39. Voos, J.E., et al., *Posterior cruciate ligament: anatomy, biomechanics, and outcomes*. The American journal of sports medicine, 2012. **40**(1): p. 222-231.
40. Knapik, D.M., et al., *Role of the meniscomfemoral ligaments in the stability of the posterior lateral meniscus root after injury in the ACL-deficient knee*. JBJS reviews, 2020. **8**(1): p. e0071.
41. Arnoczky, S.P., *Blood supply to the anterior cruciate ligament and supporting structures*. Orthopedic Clinics of North America, 1985. **16**(1): p. 15-28.
42. Brick, G.W. and R.D. Scott, *The patellofemoral component of total knee arthroplasty*. Clinical orthopaedics and related research, 1988(231): p. 163-178.

43. Sebik, A., *Patellofemoral eklemin anatomisi ve biyomekanik özellikleri Patellofemoral eklemin anatomisi ve biyomekanik özellikleri Patellofemoral eklemin anatomisi ve biyomekanik özellikleri*. Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica, 2004. **29**(5): p. 351-356.
44. Tsavalas, N. and A.H. Karantanas, *Suprapatellar fat-pad mass effect: MRI findings and correlation with anterior knee pain*. AJR Am J Roentgenol, 2013. **200**(3): p. W291-6.
45. Roth, C., et al., *Quadriceps fat pad signal intensity and enlargement on MRI: prevalence and associated findings*. AJR Am J Roentgenol, 2004. **182**(6): p. 1383-7.
46. Saddik, D., E.G. McNally, and M. Richardson, *MRI of Hoffa's fat pad*. Skeletal Radiol, 2004. **33**(8): p. 433-44.
47. Widjajahakim, R., et al., *Relationship of Trochlear Morphology and Patellofemoral Joint Alignment to Superolateral Hoffa Fat Pad Edema on MR Images in Individuals with or at Risk for Osteoarthritis of the Knee: The MOST Study*. Radiology, 2017. **284**(3): p. 806-814.
48. Mehta, K., et al., *Superolateral Hoffa's Fat Pad Edema in Collegiate Volleyball Players*. J Comput Assist Tomogr, 2015. **39**(6): p. 945-50.
49. Chung, C.B., et al., *Patellar tendon-lateral femoral condyle friction syndrome: MR imaging in 42 patients*. Skeletal Radiol, 2001. **30**(12): p. 694-7.
50. Grando, H., et al., *MR imaging of extrasynovial inflammation and impingement about the knee*. Magn Reson Imaging Clin N Am, 2014. **22**(4): p. 725-41.
51. Subhawong, T.K., et al., *Superolateral Hoffa's fat pad edema: association with patellofemoral maltracking and impingement*. AJR Am J Roentgenol, 2010. **195**(6): p. 1367-73.
52. Roemer, F.W., et al., *Magnetic resonance imaging of Hoffa's fat pad and relevance for osteoarthritis research: a narrative review*. Osteoarthritis Cartilage, 2016. **24**(3): p. 383-97.
53. Lapègue, F., et al., *Imaging of traumatic injury and impingement of anterior knee fat*. Diagn Interv Imaging, 2016. **97**(7-8): p. 789-807.
54. Jarraya, M., et al., *MRI Findings Consistent with Peripatellar Fat Pad Impingement: How Much Related to Patellofemoral Maltracking?* Magn Reson Med Sci, 2018. **17**(3): p. 195-202.
55. Staebli, H.U., et al., *Quantification of intact quadriceps tendon, quadriceps tendon insertion, and suprapatellar fat pad: MR arthrography, anatomy, and cryosections in the sagittal plane*. AJR Am J Roentgenol, 1999. **173**(3): p. 691-8.
56. Bas, A., et al., *Quadriceps fat-pad impingement syndrome: MRI findings*. BMJ Case Rep, 2012. **2012**.
57. Schwaiger, B.J., et al., *Hyperintense signal alteration in the suprapatellar fat pad on MRI is associated with degeneration of the patellofemoral joint over 48 months: data from the Osteoarthritis Initiative*. Skeletal Radiol, 2018. **47**(3): p. 329-339.
58. Shabshin, N., M.E. Schweitzer, and W.B. Morrison, *Quadriceps fat pad edema: significance on magnetic resonance images of the knee*. Skeletal Radiol, 2006. **35**(5): p. 269-74.
59. Sigrist, R.M.S., et al., *Ultrasound Elastography: Review of Techniques and Clinical Applications*. Theranostics, 2017. **7**(5): p. 1303-1329.
60. Taljanovic, M.S., et al., *Shear-Wave Elastography: Basic Physics and Musculoskeletal Applications*. Radiographics, 2017. **37**(3): p. 855-870.
61. Bamber, J., et al., *EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology*. Ultraschall Med, 2013. **34**(2): p. 169-84.

62. Garra, B.S., *Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound*. Ultrasound Q, 2007. **23**(4): p. 255-68.
63. Ozturk, A., et al., *Principles of ultrasound elastography*. Abdom Radiol (NY), 2018. **43**(4): p. 773-785.
64. Drakonaki, E.E., G.M. Allen, and D.J. Wilson, *Ultrasound elastography for musculoskeletal applications*. Br J Radiol, 2012. **85**(1019): p. 1435-45.
65. Ozkan, F., et al., *Interobserver variability of ultrasound elastography in transplant kidneys: correlations with clinical-Doppler parameters*. Ultrasound Med Biol, 2013. **39**(1): p. 4-9.
66. Gennisson, J.L., et al., *Ultrasound elastography: principles and techniques*. Diagn Interv Imaging, 2013. **94**(5): p. 487-95.
67. Havre, R.F., et al., *Freehand real-time elastography: impact of scanning parameters on image quality and in vitro intra- and interobserver validations*. Ultrasound Med Biol, 2008. **34**(10): p. 1638-50.
68. Huang, X., et al., *Acoustic radiation force impulse induced strain elastography and point shear wave elastography for evaluation of thyroid nodules*. Int J Clin Exp Med, 2015. **8**(7): p. 10956-63.
69. Cim, N. and H.E. Tolunay, *Use of ARFI elastography in the prediction of placental invasion anomaly via a new Virtual Touch Quantification Technique*. 2018. **38**(7): p. 911-915.
70. Ferraioli, G., et al., *Reproducibility of real-time shear wave elastography in the evaluation of liver elasticity*. Eur J Radiol, 2012. **81**(11): p. 3102-6.
71. Balleyguier, C., et al., *Breast elasticity: principles, technique, results: an update and overview of commercially available software*. Eur J Radiol, 2013. **82**(3): p. 427-34.
72. Tsavalas, N. and A.H. Karantanas, *Suprapatellar fat-pad mass effect: MRI findings and correlation with anterior knee pain*. American Journal of Roentgenology, 2013. **200**(3): p. W291-W296.
73. Dean Deyle, G., *The role of MRI in musculoskeletal practice: a clinical perspective*. Journal of Manual & Manipulative Therapy, 2011. **19**(3): p. 152-161.
74. Nazarian, L.N., *The top 10 reasons musculoskeletal sonography is an important complementary or alternative technique to MRI*. AMERICAN JOURNAL OF ROENTGENOLOGY-NEW SERIES-, 2008. **190**(6): p. 1621.
75. Klauser, A.S., et al., *Sonoelastography: musculoskeletal applications*. Radiology, 2014. **272**(3): p. 622-633.
76. Sun, D., et al., *Differential diagnosis of < 3 cm renal tumors by ultrasonography: a rapid, quantitative, elastography self-corrected contrast-enhanced ultrasound imaging mode beyond screening*. The British Journal of Radiology, 2020. **93**(1112): p. 20190974.
77. Lyshchik, A., et al., *Thyroid gland tumor diagnosis at US elastography*. Radiology, 2005. **237**(1): p. 202-211.
78. Cho, N., et al., *Distinguishing benign from malignant masses at breast US: combined US elastography and color Doppler US—influence on radiologist accuracy*. Radiology, 2012. **262**(1): p. 80-90.
79. Cay, N., et al., *Strain ratio measurement of femoral cartilage by real-time elastosonography: preliminary results*. European Radiology, 2015. **25**(4): p. 987-993.
80. De Zordo, T., et al., *Real-time sonoelastography: findings in patients with symptomatic achilles tendons and comparison to healthy volunteers*. Ultraschall in der Medizin-European Journal of Ultrasound, 2010. **31**(04): p. 394-400.

81. Prado-Costa, R., et al., *Ultrasound elastography: compression elastography and shear-wave elastography in the assessment of tendon injury*. Insights into imaging, 2018. **9**(5): p. 791-814.
82. Drakonaki, E., G. Allen, and D. Wilson, *Ultrasound elastography for musculoskeletal applications*. The British journal of radiology, 2012. **85**(1019): p. 1435-1445.
83. Drakonaki, E., G. Allen, and D. Wilson, *Real-time ultrasound elastography of the normal Achilles tendon: reproducibility and pattern description*. Clinical radiology, 2009. **64**(12): p. 1196-1202.
84. Basha, M.A.A., et al., *Diagnostic accuracy of ultrasonography in the assessment of anterior knee pain*. Insights into Imaging, 2020. **11**(1): p. 1-13.
85. Van Le, B. and S. Harish, *Quadriceps fat pad edema: sonographic depiction and sonographically guided steroid injection*. Journal of Ultrasound in Medicine, 2009. **28**(7): p. 959-962.
86. Hoffa, A., *The influence of the adipose tissue with regard to the pathology of the knee joint*. Journal of the American medical Association, 1904. **43**(12): p. 795-796.
87. Ogilvie-Harris, D. and J. Giddens, *Hoffa's disease: arthroscopic resection of the infrapatellar fat pad*. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery, 1994. **10**(2): p. 184-187.
88. Vera-Pérez, E., et al., *Sonographic characterization of Hoffa's fat pad. A pilot study*. Rheumatology international, 2017. **37**(5): p. 757-764.