T.C.

İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ

İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ

SPOR HEKİMLİĞİ ANABİLİM DALI

(UZMANLIK TEZİ)

PATELLAR TENDON MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN KLİNİK FONKSİYONEL TESTLER, KUVVET DEĞERLERİ VE AĞRI İLE İLİŞKİSİNİN İNCELENMESİ – KESİTSEL ÇALIŞMA

Dr. Sergen DEVRAN

DANIŞMAN

Prof. Dr. Bülent BAYRAKTAR

İSTANBUL

(2021)

ÖNSÖZ

Başta, tıp fakültesi ve uzmanlık eğitimim boyunca değerli bilgi ve tecrübeleriyle bana ışık tutan, sevgi dolu ve yapıcı fikirleri ile sadece mesleğimde değil, hayatın her alanında bana yol gösteren, özellikle tez çalışmamın planlanması ve yürütülmesinin her aşamasında ilginen ve destek olan, çok değerli danışman hocam ve anabilim dalı başkanımız Sayın Prof. Dr. Bülent Bayraktar'a,

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve tecrübeleriyle desteğini esirgemeyen, her zaman yanımda olan ve bana yol gösteren, yetişmemde önemli katkıları bulunan çok değerli hocam Sayın Prof. Dr. Gökhan Metin'e,

Eğitim sürecimde, bilgi ve deneyimleriyle bana yol gösteren, bizi farklı bakış açılarıyla geliştirmeye çalışan, her zaman desteğini hissettiğim, değerli hocam Sayın Prof. Dr. Erdem Kaşıkçıoğlu'na,

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgili ve başarılı bir spor hekimi olmamız için büyük emekler vermiş olan, zamanını ve desteğini bizden esirgemeyen değerli hocam Sayın Prof. Dr. Safinaz Albayrak Yıldız'a,

Eğitim sürecimde, bizlere değerli bilgileri ve tecrübesiyle yol gösteren değerli hocam Sayın Prof. Dr. Oğuz Öztürk'e,

Tez çalışmama ait istatistiksel analizler sırasında önemli katkıları nedeniyle Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Güven Günver'e,

Bu tez çalışmasının oluşturulmasında ve yürütülmesinde bilimsel katkı, fikir ve desteklerinden dolayı ve uzmanlık eğitimim süresince birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum Uzm. Dr. Şensu Dinçer'e, Uzm. Dr. Sertaç Yakal'a, Uzm. Dr. Ömer Batın Gözübüyük'e, Uzm. Dr. Ufuk Değirmenci'ye, Uzm. Türker Şahinkaya'ya, Dr. Bernard Tahirbegolli'ye ve bana her zaman katlanan ve yardımcı olan Uzm. Dr. Ceylan Köksal'a,

Aynı çatı altında geçirdiğimiz dört yıl boyunca birlikte çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum ve sevgi ve dostluklarını esirgemeyen Dr. Esin Nur Taşdemir'e, Dr. Aysun Ertuna'ya, Dr. Fatmanur Yegin'e, Dr. Ferhat Burak Çankaya'ya, Dr. Özcan Ekiz'e ve Dr. Yasin Atay'a,

Tez çalışmam sürecinde uygulamalarım sırasındaki katkıları nedeniyle Orkun Taluğ'a,

Hoşgörülü, huzurlu bir ortamda çalışmamı sağlayan kliniğimiz tüm fizyoterapist, hemşire, sekreter ve personel arkadaşlarıma,

Tüm hayatım boyunca yaptıkları fedakârlık ve destekleriyle en önemli güç kaynağım olan, hekim olarak yetişmemde en büyük katkıya sahip olan canım aileme ve sevgili eşim Bennur Devran'a,

teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ I
İÇİNDEKİLER III
TABLOLAR VE GRAFİKLER LİSTESİ V
ŞEKİLLER LİSTESİ VI
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ VII
ÖZET 1
ABSTRACT 3
1. GİRİŞ VE AMAÇ 5
2. GENEL BİLGİLER 7
2.1. PATELLAR TENDON VE PATELLAR TENDİNOPATİ 7
2.1.1. PATELLAR TENDON 7
2.1.1.1. Patellar Tendon Anatomisi 7
2.1.1.2. Tendon Yapısı 10
2.1.1.3. Dizin Ekstansör Mekanizması 12
2.1.2. PATELLAR TENDİNOPATİ 16
2.1.2.1. Tendinopati Terminolojisi 16
2.1.2.2. Tendon Patomekaniği 18
2.1.2.3. Tendon Yapısı, Fonksiyon ve Ağrı Arasındaki İlişki 22
2.1.2.4. Yaralanma Mekanizması 25
2.1.2.5. Patellar Tendinopati Klinik Muayene ve Risk Faktörleri 27
2.2. TANISAL ULTRASON VE ELASTOGRAFİ 31
2.2.1. TANISAL ULTRASONUN TEMEL İLKELERİ 31
2.2.1.1 Ultrasonda Kullanılan Birimler 32
2.2.1.2 Cihaz 35
2.2.1.3 İnceleme Yöntemleri 36
2.2.1.4. Ultrasonda Görüntü Özellikleri 37
2.2.1.5. Ultrasonun Klinik Avantajları 39
2.2.2. ULTRASON ELASTOGRAFİ 39
2.2.2.1. Kompresyon, ARFI ve Geçici Elastografi 40
2.2.2.2. Shear-wave Elastografi 42
2.2.3. PATELLAR TENDON İNCELEMELERİNDE ULTRASON VE ELASTOGRAFİ 44
2.2.3.1. Patellar Tendinopati Olgularında Ultrason 45

2.2.3.2. Patellar Tendon ve Shear-Wave Elastografi Çalışmaları 49
3. GEREÇ VE YÖNTEM 52
3.1. KATILIMCILAR 52
3.2. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI VE YÖNTEMLERİ 53
3.2.1. DEMOGRAFİK ÖLÇÜMLER VE SPOR GEÇMİŞİ DEĞERLENDİRİLMESİ 53
3.2.2. YARALANMA GEÇMİŞİ DEĞERLENDİRİLMESİ 54
3.2.3. VISA-P ANKETİ 55
3.2.4. TEK BACAK SQUAT VE ZIPLAMA TESTLERİ 57
3.2.5. ULTRASON ÖLÇÜMLERİ 59
3.2.5.1. Shear Wave Elastografi Ölçümleri 60
3.2.5.2. Kalınlık Ölçümleri 61
3.2.5.3. Hipoekoik Alanlar 61
3.2.5.4. Power Doppler Değerlendirmesi 62
3.2.6. İZOMETRİK KUVVET TESTİ ÖLÇÜMLERİ 63
3.2.7 TUTARLILIK ÇALIŞMASI 64
3.3. İSTATİKSEL ANALİZ 64
4. BULGULAR 65
4.1. DEMOGRAFİK BULGULAR 65
4.2. KLİNİK BULGULAR, ULTRASON VE KUVVET ÖLÇÜMLERİ 66
4.3. PATELLAR TENDİNOPATİSİ OLAN VE OLMAYAN SPORCULARIN KIYASLANMASI 72
4.4. PATELLAR TENDON MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN KLİNİK TESTLER, KUVVET ÖLÇÜMLERİ VE AĞRI MİKTARI İLE KORELASYONU 75
4.5. TUTARLILIK ÇALIŞMASI 79
5. TARTIŞMA 80
6. SONUÇ 94
7. KAYNAKLAR 96

TABLOLAR VE GRAFİKLER LİSTESİ

Tablo 2.1: Ultrasonun doku yüzeylerinden yansıma oranı.

Tablo 2.2: Ultrason elastografi uygulamalarının genel özellikleri.

Tablo 2.3: SWE'nin kas iskelet dokularının değerlendirilmesinde mevcut potansiyel klinik uygulamaları, beklenen kayma dalgası hızı ve kayma modülü bulguları.

Tablo 4.1: Demografik bulgular.

Tablo 4.2: Spor branşı, mevki ve dominant bacak dağılımı.

Tablo 4.3: Sporcu ve ekstremiteye göre aktif ve inaktif patellar tendinopati sayıları.

Tablo 4.4: Sıçrama yüksekliği ve VISA-P değerleri.

Tablo 4.5: Sağ patellar tendona ait SWE ve kalınlık değerleri.

Tablo 4.6: Sol patellar tendona ait SWE ve kalınlık değerleri.

Tablo 4.7: Her iki diz için 0 ve 30 derecede alınan izometrik kuvvet değerleri.

Tablo 4.8: Aktif patellar tendinopatinin mevcut olduğu tendonlarda ekstremiteye göre olmayanlara kıyasla anlamlı çıkan özellikler.

Tablo 4.9: 0 derecede alınan ultrason ölçümlerinin diğer testler ile korelasyonu.

Tablo 4.10: 30 derece diz fleksiyonunda alınan ultrason ölçümlerinin diğer testler ile korelasyonu.

Tablo 4.11: Klinik testlerin ve VISA-P'nin diğer incelemelerle korelasyonu.

Tablo 4.12: 0 ve 30 derecede, iki farklı gözlemci tarafından alınan ölçümlerin gözlem içi (Intra Observer) ve gözlemciler arası (Inter Observer) ICC (Intraclass Correlation Coefficent) değerleri.

Grafik 4.1: Eğimli zeminde tek bacak squat testinde ağrısı olan sporcuların dağılımı.

Grafik 4.2: Power doppler grade'lerinin ekstremite ve anatomik lokalizasyona göre dağılımı.

Grafik 4.3: Hipoekoik alanların ekstremite ve anatomik lokalizasyona göre dağılımı.

Grafik 4.4: Patellar tendinopatisi olan ve olmayan sporcular kıyaslandığında anlamlı çıkan değerler.

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1: Diz önü anatomisi ve patellar tendon.

Şekil 2.2: Patellar tendon, ön ve arka komşulukları.

Şekil 2.3: Tendon yapısının organizasyonu.

Şekil 2.4: Patellofemoral eklemdeki kompresyon yükleri.

Şekil 2.5: Horizontal ve vertikal sıçrama sonrası iniş anında ayak bileği dorsifleksiyon açısı.

Şekil 2.6: Yıllar içerisinde tendon ile ilgili kullanılan klinik terminolojinin dağılımı.

Şekil 2.7: Aşil tendinopatili bireylerin normal tendona sahip bireylere kıyasla fonksiyonundaki azalma.

Şekil 2.8: Tendinopatide yapısal değişiklikler.

Şekil 2.9: Ultrasonda doku karakterizasyonuna ait görüntüleme örneği, dejeneratif üzerine reaktif sürecin şematik gösterimi.

Şekil 2.10: Yapı, fonksiyon ve ağrı arasındaki ilişki.

Şekil 2.11: 30 derece eğimli zeminde tek bacak squat testi.

Şekil 2.12: Farklı dokulardaki ultrases dalgalarının yayılma hızı.

Şekil 2.13: Farklı iletkenlikteki dokular arasında ilerleyen ses dalgası ve eko.

Şekil 2.14: Yansıyan ve kırılan ultrason dalgası.

Şekil 2.15: Ultrason ana konsolu, ekranı ve probu.

Şekil 2.16: Gri skala ultrason görüntüleri.

Şekil 2.17: Farklı anatomik yapılara ultrason örnekleri.

Şekil 2.18: Aşil tendonunda ultrason elastografi uygulamalarının örnekleri.

Şekil 2.19: Shear-wave oluşumunun ve hız hesaplanmasının şematik gösterimi

Şekil 2.20: Patellar tendonun longitudinal aks gri skala ultrason görüntüsü.

Şekil 2.21: Patolojik patellar tendon görüntüsü.

Şekil 2.22: Patellar tendona ait power doppler görüntüleri

Şekil 3.1: Türkçe VISA-P anketi.

Şekil 3.2: Push Band akselerometre ve mobil aplikasyon.

Şekil 3.3: 30 derece eğimli zeminde tek bacak squat testi.

Şekil 3.4: Patellar tendondan alınan Shear-wave elastografi görüntüleri.

Şekil 3.5: Ultrason ile yapılan ölçümlerin şematik gösterimi.

Şekil 3.6. İzometrik kuvvet ölçümü.

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

A : Arteria

ARFI : Akustic Radiation Force Impuls

BW : Body Weight

Cm : Santimetre

CMJ : Counter-movement Jump

C_s^2 : Shear-wave Hızı

G : Doku Elastisitesi/Shear Modül

Hz : Hertz

IL-6 : İnterlökin 6

Kg : Kilogram

Kg/m^2 : Kilogram/ metrekare

Kg/m^3 : Kilogram/Metreküp

kHz : Kilohertz

KPa : KiloPaskal

Lig : Ligamentum

M : Musculus

MCL : Medial Kollateral Ligament

MHz : Megahertz

Mm : Milimetre

MM : Medial Menisküs

MR : Manyetik Rezonans

M/s : Metre/saniye

N **:** Newton

Nm : Newton.Metre

Nm/kg : Newton.Metre/Kilogram

P : Doku Dansitesi

PGE2 : Prostaglandin E2

PT **:** Patellar Tendinopati

ROI : Region of Interest

SJ : Squat Jump

Sn : Saniye

SPSS : Statistical Package for Social Science

SWE : Shear-wave Elastografi

SWV : Shear wave velocity (hızı)

TGF β : Tumor Growth Factor β

US : Ultrasonografi

USE : Ultrason Elastografi

V : Vena

VAS : Vizüel Analog Skala

vEGF : Vasküler Endotelyal Büyüme Faktörü

VISA-P : Victorian Institute of Sport Assessment (VISA) Questionnaire – Patellar Tendon

VKİ : Vücut Kitle İndeksi

ÖZET

Devran S. Patellar tendon mekanik özelliklerinin klinik fonksiyonel testler, kuvvet değerleri ve ağri ile ilişkisinin incelenmesi – Kesitsel Çalışma, İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı. Uzmanlık Tezi. İstanbul, 2021.

Amaç: Patellar tendinopati nedeniyle farklılaşan tendon özelliklerini patellar tendinopatisi olan ve olmayan voleybolcularda ve basketbolcularda ultrasonda gri skala görüntüleme ve shear-wave elastografi (SWE) ile tespit ederek, bu incelemelerin klinik testler, kuvvet ölçümleri ve ağrı ile ilişkisini incelemeyi amaçladık.

Gereç ve Yöntem: Çalışmaya, profesyonel voleybol ve basketbol liglerinde oynayan 17-35 yaş aralığındaki (ortalama yaş 21.86 ± 4.46) 63 kadın sporcu dahil edildi. Tüm sporculardan patellar tendinopati için anamnez alındıktan sonra sporculara VISA-P (Victorian Institute of Sport Assessment-Patellar Tendinopati) anketi doldurtuldu ve sonrasında sporcuların diz muayenesi gerçekleştirildi. Patellar tendonun morfolojik değerlendirilmesi ve mekanik özellikleri ise gri skala ultrason ve ultrason shear-wave elastografi ile yapıldı. Tüm ölçümler her iki dizden, 0 ve 30 derece olacak şekilde iki farklı diz açısında alındı. Aynı diz açılarında izometrik kuvvet ölçümleri izokinetik dinamometre ile gerçekleştirildi. Bu ölçümlerden sonra farklı bir günde sporcuların Counter-movement jump yüksekliği ve eğimli zeminde tek bacak squat testinde meydana gelen ağrı miktarı değerlendirildi.

Bulgular: 30 derecede alınan ölçümlerde her iki diz için sertlik derecesinin arttığı tespit edilirken (p=0,0001/ 0,004), 0 derecede alınan ölçümlerde sağ dizde sertliğin arttığı (p=0,037), sol diz için ise benzer kaldığı gözlemlendi (p=0,13). Korelasyon analizi ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde, 0 derecede özellikle tendonun proksimalinden alınan ölçümlerde kalınlık ve SWE değerleri ile VISA-P skoru arasında zayıf derecede negatif korelasyon saptanırken (rho= -0,18), squat sırasındaki ağrının şiddeti ile yine zayıf derecede pozitif korelasyon tespit edildi (rho= 0,18). 30 derecede alınan ölçümlerde ise kalınlık ve SWE ile VISA-P arasında zayıf korelasyon mevcut iken (rho= -0,19/-0,20), tek bacak squat sırasındaki VAS ile SWE'nin makul derecede pozitif korele olduğu gösterildi (rho= 0,32). Tendonun diğer kısımlarından alınan ölçümlerde ise istatistiksel anlamlılık derecesinde herhangi bir pozitif veya negatif korelasyon saptanmadı (rho= 0,01-0,15). Kuvvet ve sıçrama testleri ile olan ilişki incelendiğinde ise sadece tendon proksimalinin kalınlığı ile 0 derecede alınan kuvvet ölçümleri arasında makul dereceli bir pozitif

korelasyonun mevcut olduğu gösterildi (rho= 0,34). 30 derecede ise bu ilişkinin zayıf miktarda olduğu tespit edildi (rho= 0,19).

Sonuç: Özellikle patellar tendonun proksimal kısmının değerlendirilmesi sonucu elde edilen kalınlık ve shear-wave elastografi incelemelerinin klinik testler ile anlamlı derecede ilişkili olması ve patellar tendinopatisi olan sporcularla olmayanlar arasında farklılık göstermesi, SWE'nin patellar tendinopatili sporcularda tanısal ve prognostik bir izleme aracı olarak kullanılabileceğine işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Shear-wave elastografi, patellar tendinopati, ultrason, izometrik kuvvet*

ABSTRACT

Devran S, Investigation of the relationship between patellar tendon mechanical properties with clinical functional tests, strength values, and pain - Cross-Sectional Study, Istanbul University, Istanbul Faculty of Medicine, Department of Sports Medicine. Thesis. Istanbul, 2021.

Objective: We aimed to examine the relationship of ultrasound gray-scale imaging and shear-wave elastography (SWE) with clinical tests, strength measurements, and pain by determining the different tendon features due to patellar tendinopathy in volleyball and basketball players with and without patellar tendinopathy.

Materials and Methods: Sixty-three female athletes (mean age 21.86 ± 4.46) between 17-35 ages who played in professional volleyball and basketball leagues were included in the study. After taking clinical history for patellar tendinopathy from all athletes, the athletes filled VISA-P (Victorian Institute of Sport Assessment-Patellar Tendinopathy) questionnaire, and then the clinician examines the athletes' knee. Morphological evaluation and mechanical properties of the patellar tendon were performed by gray scale ultrasound and ultrasound shear-wave elastography. All measurements were taken from both knees at two different knee angles, 0 and 30 degrees. Isometric force measurements were made with an isokinetic dynamometer at the same knee angles. On another day, the counter-movement jump height and the amount of pain occurring in the single-leg decline squat test were evaluated.

Results: We found that stiffness increases for both knees at 30 degrees (p= 0.0001 / 0.004) when comparing the two groups. We observed that the stiffness in the right knee increases (p= 0.037) but remained similar for the left knee (p= 0.13) at 0 degrees. On the other hand, a weak negative correlation was found between the thickness and SWE values and the VISA-P score at 0 degrees, especially in the measurements taken from the proximal of the tendon (rho= -0.18), while a weak positive correlation was found with the intensity of pain during decline squat (rho= 0.18). There was a weak correlation between thickness and SWE and VISA-P at 30 degrees (rho= -0.19 / -0.20); besides, it was shown that there was a fair positive correlation between VAS and SWE during one leg decline squat (rho= 0.32). In the measurements taken from other parts of the tendon, no positive or negative correlation was found (rho = 0.01-0.15). When the relationship with the isometric force and jump test was examined, there was only a fair positive correlation between the thickness of the proximal part of the tendon and the isometric force measurements taken at 0 degrees (rho = 0.34). At 30 degrees, this relationship was found to be weak (rho = 0.19).

Conclusion: The fact that thickness and shear-wave elastography examinations obtained from the proximal part of the patellar tendon are significantly correlated with clinical tests and differ between athletes with patellar tendinopathy and those without, indicating that SWE can be used as a diagnostic and prognostic monitoring tool in athletes with patellar tendinopathy.

Key words: *Shear-wave elastography, patellar tendinopathy, ultrasound, isometric strength*

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Tendon zaman içerisinde fizyolojik kapasitesinin üzerinde bir yüke (gerim, kompresyon, friksiyon) maruz bırakılınca, bu süreçte yaralanma, inflamasyon ve yenilenme döngüsü kümülatif bir şekilde tekrarlar ve bu durum tendinopati dediğimiz ağrı ve şişlik ile ilerleyen klinik tablonun oluşmasına sebep olur. Özellikle zıplama-inme, ani sprinte kalkma gibi tendona ani enerji yükleyen ve bu enerjinin hızlı bir şekilde salınımını gerektiren durumlar patellar tendinopatinin (PT) oluşmasında ana faktör olarak karşımıza çıkar. Klinik olarak ön diz ağrısı ile kendini gösterir ve dizin ekstansör mekanizmasının kullanılması gereken sportif performanslarda sporcuyu kısıtlar. Hatta özellikle ileri vakalarda sporcuların sporu bırakmasına dahi neden olabilen bir problemdir. Patellar tendinopati nedeniyle kliniğe başvuran farklı branşlardan sporcuların 1/3'ünün 6 ay içerisinde spora dönemediği ve %53'ünün sporu bırakmak zorunda kaldığı bildirilmiştir (1).

Patellar tendinopati, özellikle 15-30 yaş aralığında, erkek cinsiyette olan, basketbol, voleybol, tenis ve futbol gibi devamlı patellar tendona devamlı yük bindiren sportif aktivitelerle uğraşan sporcularda sık olarak görülmektedir. Bu spor branşlarında atletik performans sırasında sıklıkla kullanılan sıçrama, inme, ani dönme ve pivotlama gibi hareketler, yukarıda bahsedilen enerji depolama ve salma mekanizması ile iş üretmektedir. Alt ekstremiteye ait uzun tendon yapıları bu fonksiyon sayesinde daha düşük enerji metabolizması ile maksimum performansı elde etmeyi sağlar. Antrenmanlarda veya maçlarda devamlı tekrarlanan bu hareketler arasında tendonun yeniden şekillenmesine/toparlanmasına yeterli dinlenme ile izin verilmez ise tendon patolojisi gelişebilir ve bu durum tendonun mekanik özelliklerinde farklılaşmaya sebebiyet verebilir. Tendonun mekanik özelliklerindeki bu değişiklikler zaman içerisinde patellar tendinopati olarak adlandırılan klinik tabloyu oluşturmakta ve tendonun en fazla proksimal 1/3'lük kısmında meydana gelmektedir (1, 2).

Patellar tendinopati kliniğinde ağrı, en önemli semptom olarak kaşımıza çıkar. Yapılan çalışmalarda ağrı ile görüntüleme yöntemleriyle tespit edilen tendon patolojilerinin birlikteliği henüz tam olarak anlaşılamamıştır; fakat tendon patolojisi gelişmiş olan tendonların ilerleyen dönemlerde ağrıyı tetiklediği gösterilmiştir, bu yüzden görüntüleme yöntemleri ile gösterilen tendon yapısındaki anormal değişiklikler gelecekte klinik tablonun oturması adına risk faktörü olarak değerlendirilmektedir (3). Bahsedilen bu patolojik değişiklikler, mikroskobik boyutta hücrelerin morfolojik değişiklik göstermesi (daha yuvarlak hücrelere dönüşmesi), tenosit sayısı ile birlikte matriks sentezinin artması ve kollajen yapısının bozulması şeklinde karşımıza çıkar (4).

Bu durumun makroskopik sonucu olarak da tendonda; lokal şişlikler oluşur, matriks dejenere olur (ekojenite değişir) ve neovasküler yapılar artar (3). Meydana gelen bu makroskopik değişimler konvansiyonel ultrason ile kolaylıkla değerlendirilebilmektedir. Tendinopati kliniği olan birçok sporcuda tendonda kalınlaşma, hipoekoik alanların varlığı ve vaskülarite artışı ultrason ile görüntülenebilir. Bu durumun yanı sıra yapılan çalışmalarda asemptomatik olan sporcuların spor branşına göre değişmekle birlikte %19-%59 arasında dejeneratif değişikliklerin tespit edilebildiği bildirilmiştir (5, 6). Asemptomatik olup tendon yapısında dejeneratif değişiklikler gösteren sporcuların fazla sayıda olması, bu görüntülerin sporun fizyolojik doğasından mı kaynaklı olduğu yoksa patolojik değişikliklerin öncülü mü olduğu konusunda akıllarda soru işaretleri bırakmaktadır. Ultrason ile elde edilen değerlendirmelerin klinik testlerle ilişkisini inceleyen çalışmalara bu alandaki soru işaretlerini azaltmak ve tendon patofizyolojsinin görüntüleme yöntemleri ile elde edilebilen sonuçlarını daha net bir şekilde ortaya koymak için ihtiyaç duyulmaktadır.

Son yıllarda ultrason alanındaki gelişmelere doku sertliğini ölçen elastografik çalışmalar eklenmiştir. Özellikle son 20 yılda bu alanda sağlanan gelişmelerle birlikte elastografik ölçümler popüler bir yöntem olarak çalışmalarda yerini almıştır. Temelde elastografi dokuların mekanik özelliklerini nitelik ve nicelik yönünden değerlendirmede kullanılan bir yöntemdir. Elastografi yöntemlerinden biri olan shear-wave elastografi (SWE), dokuların mekanik özelliklerini nesnel olarak tespit edebilmesi sayesinde kas iskelet sistemi patolojilerinin pre-klinik ve klinik dönem, tanı ve prognostik olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (7). Bu amaçla tendon araştırmalarına sıklıkla konu olmuştur. 2018 yılında gerçekleştirilen meta analiz çalışmasında, güncel olarak çalışmalarda yerini alan bu tekniğin aşil tendinopatisi vakalarında sonuçlarının daha homojen olduğu bildirilirken, patellar tendinopati üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda heterojen sonuçları olduğu gösterilmiştir. Bu durumun ölçüm sırasındaki diz açısı, ölçüm öncesi dinlenme süresi, çalışmanın yapıldığı popülasyon özellikleri gibi metodolojik farklılıklardan kaynaklı olabileceği düşünülmektedir (8).

Çalışmamızda, profesyonel voleybolcularda ve basketbolcularda patellar tendonda meydana gelen klinik sonuçları ve ultrason incelemelerini değerlendirdik. Patellar tendinopati nedeniyle farklılaşan tendon özelliklerini patellar tendinopatisi olan ve olmayan sporcuları farklı ölçüm açılarında kıyaslayarak tespit etmeye çalıştık. Son olarak ultrason ölçümlerinin kuvvet, sıçrama ve klinik testler ile olan ilişkisini değerlendirmeyi amaçladık.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. PATELLAR TENDON VE PATELLAR TENDİNOPATİ

Patellar tendon, patellanın alt ucundan aşağıya doğru uzanır ve tuberositas tibiaya tutunur. Dizin ekstansör mekanizmasında kuadriseps kasının bir devamı olarak görev alır. Özellikle sıçrama, koşma ve ani yön değiştirme gibi ekstansör mekanizmanın dahil olduğu aktivitelerde sık kullanılır. Basketbol, voleybol, yüksek ve uzun atlama gibi sportif branşlardaki sporcularda, aşırı kullanıma bağlı olarak 'sıçrayıcı dizi' olarak da bilinen patellar tendinopati oluşabilir. Patellar tendinopati son yıllarda ön diz ağrısının önemli sebepleri arasında gösterilmekle birlikte bu klinik tablonun yönetimi, iyi bir klinik ve fonksiyonel değerlendirmeden ve uygun yüklenme stratejilerinin uygulanmasından geçmektedir (1).

2.1.1. PATELLAR TENDON

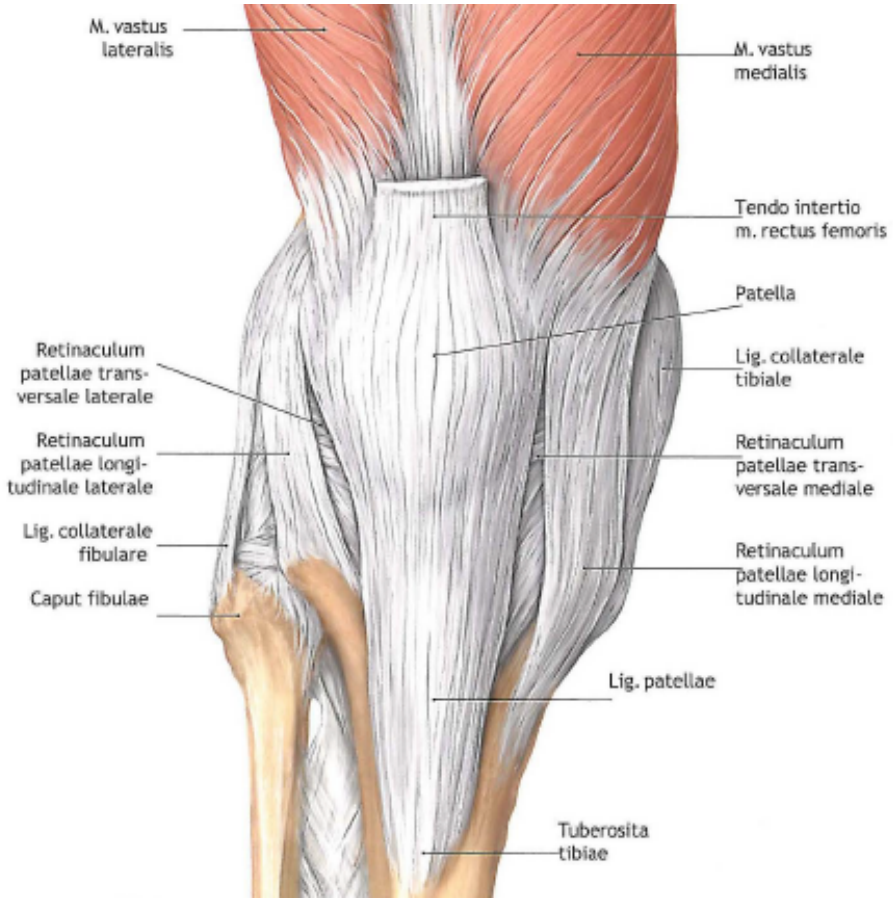
2.1.1.1. Patellar Tendon Anatomisi

Patellar tendon, patella alt polü ile tuberasitas tibia arasında bulunan yaklaşık 5 cm uzunluğunda, güçlü bir bant şeklindedir. Uzunluğu patellanın yerleşim özelliğine göre ve bireysel farklılara bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Tendon patellanın medialinde ve lateralinde medial ve lateral retinakulum ile bağlantılıdır ve bu yapılar aracılığıyla patellanın stabilizasyonuna katkıda bulunur (Şekil 2.1.) (9, 10).

Patellar tendon histolojik olarak tendon özelliklerine sahip olsa da klasik tendon tarifine tam olarak uymamaktadır. Çünkü anatomik olarak tendonlar kası kemiğe bağlayan bağ dokusu olarak tanımlanırken, patellar tendon iki kemik arasında uzanan anatomik bir oluşumdur. Bu yüzden anatomi kaynaklarında patellar ligament olarak da bahsedilmektedir. Öte yandan ligamentlerden farklı olarak patellar tendonun yapısına bakıldığında, kuadriseps kasının bazı liflerinin patellar tendon içerisinde devam ettiği, ayrıca içeriğinde tendona ait hücrelerin, kollajen fiberlerinin ve matriksin olduğu gösterilmiştir. Bu sayede patellar tendon, bir tendon olarak enerji depolama ve serbestleştirme/salma fonksiyonu göstermektedir (1, 9).

Tendonun proksimali, hilal biçiminde, patellanın alt polünün ön yüzüne yapışır. Tendonun ön tarafında yer alan lifler, arka taraftaki liflerden göreceli olarak daha sağlamdır. Bu durumun nedeni ön taraftaki liflerin patellanın medial ve lateral tarafına uzanıyor oluşudur. Böylelikle önde daha geniş bir tutunma alanı oluşur. Arka taraftaki lifler ise mediale ve laterale uzanmaz ve sadece patellanın alt polünün arka tarafına yapışır. Ayrıca tendon, patella apeksini proksimalde

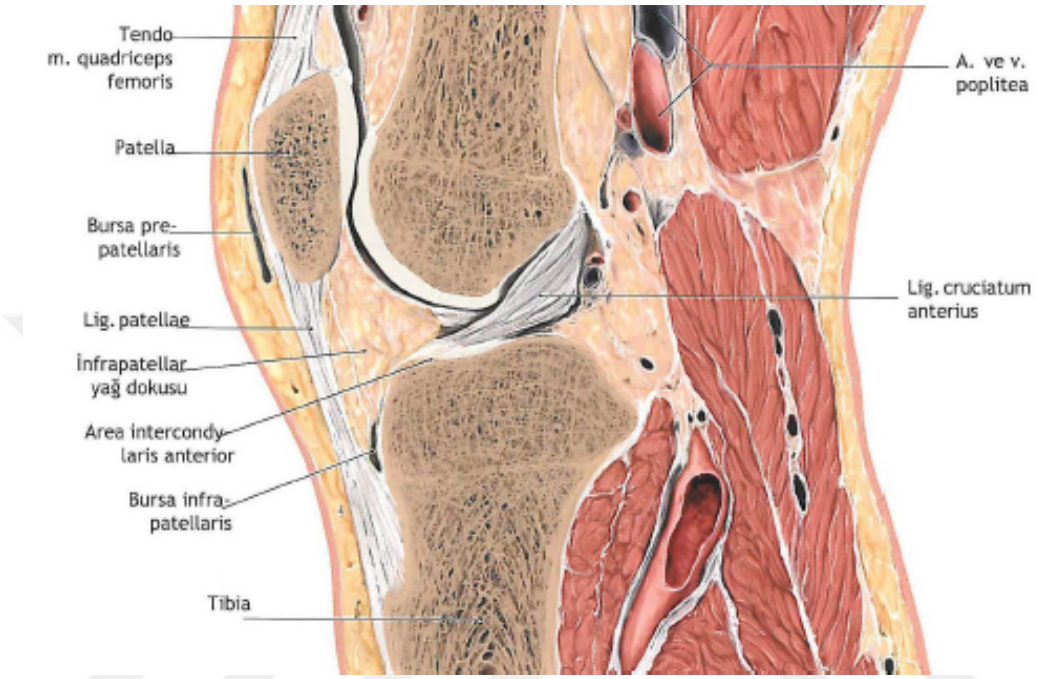
çoğunlukla tam olarak ortalamaz. Sıklıkla (%39) patellanın daha medialinde yer alacak şekilde konumlanmıştır. Bu asimetri distalde, tuberositas tibiaya tutunduğu noktada, proksimale göre daha belirgindir. Patellar tendonun proksimali ve distali, aynı zamanda tendonun orta kısmına göre daha kalın olduğu bölgeleridir. Erişkin bireylerde tendon proksimalde ve distalde yaklaşık 3-6 mm kalınlıktadır (11).



Şekil 2.1: Diz önü anatomisi ve patellar tendon, koronal düzlem (9).

Patellar tendon; ön yüzünde, cilt altı yağ dokusu ve proksimalde çok küçük bir alanda prepatellar bursa ile komşudur. Arka yüzünde, proksimalde infrapatellar yağ dokusu (Hoffa fat pad) ile, distalde infrapatellar bursa ile komşudur. Böylelikle tendon proksimalde tibiofemoral eklemin sinoviyal membranından, distalde ise tibiadan ayrılır (Şekil 2.2.) (10). Özellikle patellar tendonun infrapatellar yağ dokusu ile ilişkisi klinik olarak önem taşımaktadır. Patellar tendinopati sıklıkla patellar tendonun proksimal arka yüzünde; yağ dokusu ile komşu olduğu bölgeye yakın kısmında görülmektedir (>%70) (2, 10). Tendinopatiye bağlı olarak tendon vaskülaritesinin arttığı

durumlarda bu ilişki daha net gözlenir. Fat-pad içerisinde tendonun beslenmesinden sorumlu olan damarların aktivitesi bu gibi durumlarda artar (12).



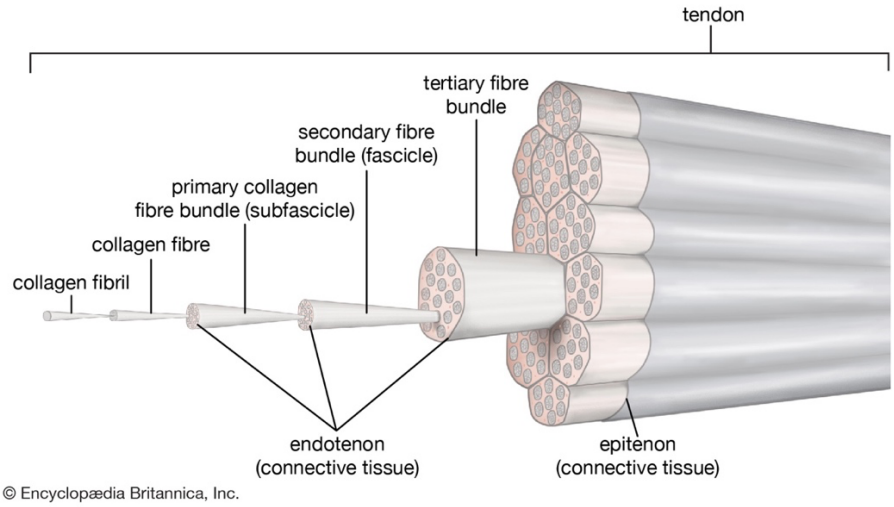
Şekil 2.2: Patellar tendon, ön ve arka komşulukları, sagital düzlem (9).

Patellar tendonun kan dolaşımı farklı kaynaklardan olur. Ana besleyici arteri genikulat arterdir. Fat-pad damarları tendonun posteriorunu besler ve genikulat arterlerden gelen anastomozları içerir. Tendonun anteriorunu ise inferior medial genikulat arter ve rekürran tibial arterden gelen dallar besler (10). Bu durum tendonun anteriorunun daha iyi beslenmesine imkân sağlarken; posteriorunun beslenmesinin fat-pad üzerinden gerçekleşmesi bu bölgenin anteriora göre daha zayıf olmasına neden olur. Patellar tendonun metabolik aktivitesi normal bir iskelet kasına kıyasla 7.5 kat daha düşüktür. Bu sayede tendon vaskülarizasyonu, sürekli yüklenmelere daha büyük direnç sağlamak ve avasküler nekrozdan korunmak için mükemmel bir yapısal özelliğe sahiptir. Ayrıca tendonun distal ve proksimal kısımları orta kısmına kıyasla daha avasküler yapılardır (13).

2.1.1.2. Tendon Yapısı

Tendonlar: kası kemiğe bağlayan, vücudun birçok yerinde bulunan, yoğun ve düzenli bağ dokularıdır. Sıklıkla tip 1 kollajenden oluşan, çapraz bağlı (cross-linked; lizin ve hidroksilizin amino asitleri arasında) 3'lü helix yapısındadırlar ve kas tarafından üretilen mekanik yükü kemiğe aktarmakta görev alırlar. Böylelikle eklemlerin hareket etmesini ve stabilizasyonunu sağlarlar (14). Tendonların matriks içerikleri, bulundukları vücut bölgesine ve fonksiyonlarına göre belirlenir. Anormal yüklenme ve aşırı kullanım durumları sonrası bu matriks yapıda meydana gelen değişiklikler tendinopatiye sebebiyet verebilir. Günümüzde normal ve anormal tendon yapılarının değerlendirilmesinde ultrason (US) ve manyetik rezonans (MR) incelemeler yaygın olarak kullanılmaktadır (15).

Normal tendon yapısının %55-70'ini su, kalan kısmının (kuru ağırlığının) büyük bir çoğunluğunu (%65-80) kollajen oluşturur ve kollajen tipleri arasında en yaygın olarak tip 1 kollajen bulunur (16). Tip 1 kollajenden oluşan proteoglikan matriks içerisinde %1-2 oranında elastin yer alır. Kollajen tipleri arasında ise tip 2 kollajen kıkırdağa yakın alanlarda, tip 3,4,5 vasküler alanlarda ve tip 10 kollajen entez noktasına yakın konumlarda sıkça bulunur (17). Tendonun geri kalan yapısını ise tenositler ve tenoblastlar (fibroblast) oluştururlar. Tenositler ve tenoblastlar kollajen ve kollajenin etrafında bulunan proteoglikan, glikozaminoglikan ve yapısal proteinden oluşan esas madde içerisinde yer alır ve bu maddelerin sentezinden sorumludurlar. İnorganik yapılar tendonun sadece %0,2'lik bir kısmını oluşturur. Bu maddelerin büyük bir çoğunluğu kalsiyumdan ibarettir. Tendonun kemiğe yapışma noktalarına yakın konumlarda kalsiyum içeriği daha fazladır (18). Kollajen ve akollajen matriks içerisindeki organik ve inorganik yapı taşlarının yanında sinir sonlanmaları ve damar yapıları da bulunur. Sinir sonlanmaları genel olarak kemik tendon bileşkesinde yer alırken; golgi tendon organları, ruffini ve pacinian cisimcikleri gibi yapılar kas tendon bileşkesinin altında daha yaygın bulunurlar (19). Özellikle sinir yapılar ve duyu reseptörleri derin tendon dokusunda var olmayıp genellikle paratendonda yer alır; fakat golgi tendon organı kollajen lifler arasında bulunur ve temel görevi tendondaki gerimi bildirmektir. Son olarak damar yapılar ise kollajen demetlerinin etrafındaki bağ dokusu kılıflarında bulunur (20).



Şekil 2.3: Tendon yapısının organizasyonu (21).

Kollajen fibrilleri tendon yapısının en temel kuvvet ileten birimidir ve bir araya gelerek kollajen fiberlerini oluşturur. Kollajen fiberleri ise fiber demetçiğini (sub-fasikül), fiber demetçikleri ise bir araya gelerek fiber demetlerini oluşturur. Fiber demetlerinin sayısı tendondan tendona farklılık gösterir. Fiber demetçikleri ve demetleri endotenon ismi verilen bağ dokusu kılıfı ile sarmalanır. Endotenon tarafından sarılmış fiber demetleri ise organize bir halde tersiyer fiber demetlerini oluşturur. Tersiyer fiber demetlerinin etrafında tendon yapısının son halini oluşturmak için epitenon bulunmaktadır (Şekil 2.3.) (22). Bu fiber ağının organizasyonu anatomik bölgeye ve tendon fonksiyonuna göre farklılık gösterir. Patellar tendonda kollajen lifleri sıklıkla tendon eksenine paralel olacak şekilde, yükü eksen boyunca aktarmak için sıralanmışken farklı tendon yapılarında; paralel olmayan (çapraz vb.), örgü veya gemi düğümüne benzer şekilde dizilimlerin olduğu da tarif edilmiştir (15). Aşil ve kuadriseps tendonu gibi birden fazla kasın tek bir tendona dönüştüğü yapılarda ise tendon organizasyonu daha komplekstir (22).

Patellar tendon ile ilgili yapılan doku analizi çalışmalarında; tendonun proksimal kısmı ile distal kısmı ve hatta proksimal tendonun anterioru ile posterioru arasında fiber kompozisyonu ve doku stresi arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır (2). Hamilton ve Purdam (23), Hansen ve ark. (24) yaptıkları çalışmalarda tendonun proksimal kısmının posteriorunda yer alan fibrillerin anteriorunda yer alan fibrillere göre daha küçük bir çapa, daha kısa liflere ve daha fazla miktarda çapraz bağlantılara sahip olduğunu göstermiştir. Bu durumun sonucunda tendona yapılan yüklenme sonrası tendonun posterioru anterioruna göre daha fazla strese maruz kalır. Farklı stres miktarlarına yanıt olarak hücrelerin sentezlediği matriks içeriği de değişkenlik göstermektedir

(24). Tüm bu yapısal değişkenler klinikte karşılaştığımız patellar tendonla ilgili problemlerin (akut yaralanma veya tendinopati) büyük çoğunluğunun tendonun posterior kısmında olması gerçeğine kısmen de olsa ışık tutmaktadır (2).

2.1.1.3. Dizin Ekstansör Mekanizması

Patellar tendon; kuadriseps kası, tendonu, patellar retinakulum, pre-patellar yapılar ve hoffa yağ yastıkçığı ile dizin ekstansör mekanizmasını oluşturur. Kuadriseps kasını oluşturan 4 kas (rektus femoris, vastus medialis, vastus lateralis, vastus intermedius) tarafından oluşturulan kasılma kuvveti kuadrisepsin tendonu ile patellar yapılar üzerinden patellar tendona aktarılır. Bu aktarım sonrası patellar tendon tuberositas tibiayı öne çekerek diz ekleminde ekstansiyon hareketini gerçekleştirir (25). Pratikte özellikle sıçrama, daha sonrasında koşma, ani yön değiştirme, şut atma gibi hareketler dizin ekstansör mekanizmasının aktif olarak kullanıldığı sportif hareketlerdir. Günlük hayatta oturma, kalkma, çömelme, merdiven çıkıp inme gibi durumlarda da kullanılmaktadır. Kalkarken aktif olarak ekstansör mekanizma konsantrik kasılırken, oturma sırasında eksantrik olarak kasılır ve diz eklemini stabilize etmeye çalışır (1).

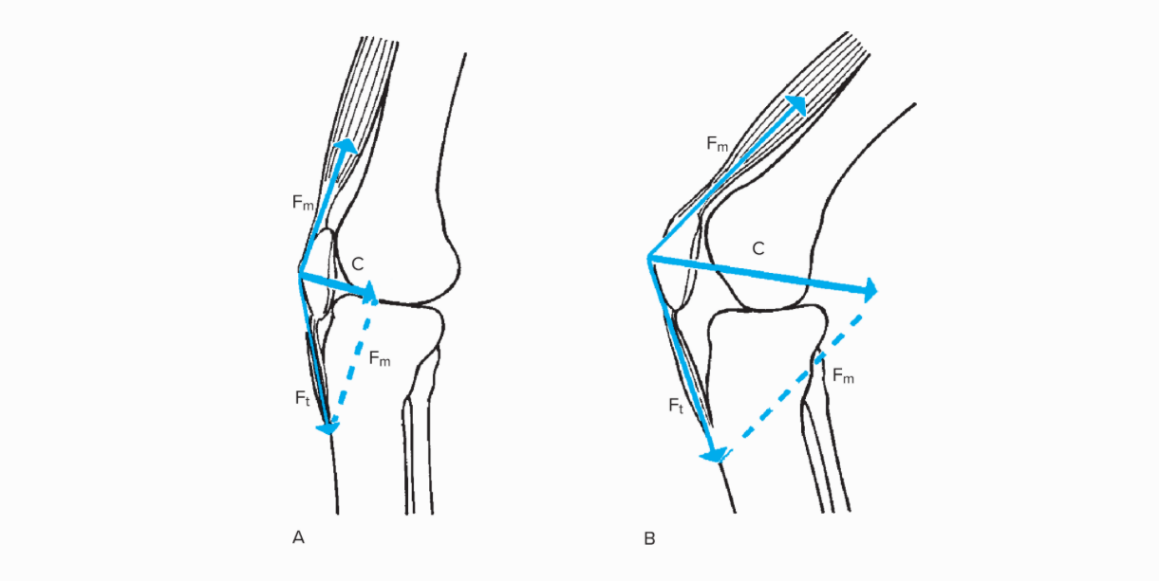
Diz ekleminin ekstansiyon açısı genelde 0 derecedir. Bazı kaynaklarda 5-10 dereceye kadar ekstansiyon varlığı normal kabul edilmektedir (26). Diz ekstansiyonu tibiofemoral eklem üzerinde gerçekleşir. Bu eklem tibianın medial ve lateral platoları ile femurun medial ve lateral kondilleri arasındadır. Full ekstansiyon sırasında medial femoral kondil ile medial tibial plato arasındaki eklem alanı laterale göre daha uzundur. Bu yüzden tibiofemoral eklemde yükün %60'lık kısmı medial ekleme biner. Medial eklem yükü daha fazla taşıdığı için bu alandaki kıkırdak laterale göre 3 kat daha kalındır (27). Ekstansiyonun son birkaç derecelik açısında femoral kondillerin şekillerinin ve boyutlarının tibial platolardan farklı olması sebebiyle tibia femur üzerinden lateral yönde rotasyon yapar ve diz tam olarak 'kilitlenir'. Bu mekanizma vida-yuva mekanizması olarak da bilinmektedir (27).

Dizin ekstansör mekanizmasından bahsederken bu mekanizmanın bir parçasını oluşturan patellofemoral eklemden de bahsetmek gerekir. Patella, femoral kondillerin arasında yer alan troklear çukurda yer alır ve femur kondilleri ile patellofemoral eklemi oluşturur. En önemli biyomekaniksel görevi, ekstansör mekanizmada kuadriseps kasının tibiayı çekme açısının artışını sağlamasıdır. Kuadriseps kasının ürettiği farklı kuvvetleri merkezileştirerek patellar tendona aktarır. Ayrıca femur kondilleri ve patellar tendon ile temas yüzeyini arttırarak patellofemoral

ekleme binen yükleri azaltır. Son olarak dizin ön yüzünde koruyucu bir katman oluşturur ve kuadriseps tendonunu çevre kemiklerin sürtünmesine bağlı olabilecek friksiyona karşı korur. Bu bahsedilen faydalar sayesinde patella, diz ekleminin ekstansör mekanizmasına %50'lik mekanik avantaj sağlar (27). Fleksiyon ve ekstansiyon sırasında patella, aşağı ve yukarı yönde kayar. İnsandan insana değişmekle birlikte yaklaşık 7 cm'lik bir hareket mesafesi vardır. Bu hareket sırasında patella, genellikle iliotibial bant ve vastus lateralis kaslarının aktivasyonuna bağlı olarak ve anatomik olarak dışarıya kayma eğilimindedir. Bu harekete karşı direnç oluşturan temel yapı ise vastus medialis kasının oblik lifleridir. Böylelikle patella santralde tutulabilir (28).

Diz eklemi vücutta bulunan en büyük iki kaldıraç kemik arasında yer aldığından ve vücudun majör yük taşıyıcı eklemi olduğundan dolayı diz ekleminde oluşan kuvvetler genelde büyüktür. Günlük aktiviteler sırasında tibiofemoral eklem hem kaslardaki gerime bağlı makaslamaya hem de genellikle diz tam ekstansiyonda iken vücut ağırlığına bağlı olarak kompresyon yüküne maruz kalır. Patellofemoral eklem ise sıklıkla bu aktiviteler sırasında kuadriseps ve patellar tendonda oluşan gerim kuvvetlerine, patella ile femur arasındaki ilişki nedeniyle de kompresyon yüklerine maruz kalır. Ayakta durma ve hafif hızla yürüme sırasında tibiofemoral ekleme vücut ağırlığının 3 katı, patellofemoral ekleme ise vücut ağırlığının yarısı kadar yük biner. Merdiven çıkma sırasında ise bu kuvvetler her iki eklem için vücut ağırlığının 4 katına çıkar. Koşu sırasında patellofemoral ekleme binen yük 7 kat ve ileri derece çömelme hareketinde ise 7-8 kat artış gösterir (20).

Diz fleksiyon açısı iki ekleme binecek yük miktarını etkiler; tibiofemoral eklem aralığına binen yük, 30 derece diz fleksiyonunda minimal iken 120 derecenin üzerindeki açılarda maksimuma ulaşmaktadır. Patellofemoral eklemde de benzer bir durum söz konusudur. Diz fleksiyonu arttıkça ekleme binen stres artmaktadır. Bu durumun iki temel sebebi, fleksiyon sırasında patellofemoral eklemde kompresyon yükünün artması ve fleksiyon sırasında patellayı olukta tutmak için patellar ve kuadriseps tendonunda oluşan gerim kuvveti artışına bağlı yine ekleme yük binmesidir (Şekil 2.4.) (27). Patellofemoral ekleme binen yük; düşük diz açılarında az, derin fleksiyonda orta; orta fleksiyon açılarında ise en fazladır. Kuadriseps kasında oluşturulan 300 N'luk bir kuvvet; diz, 160 derece fleksiyonda iken yaklaşık 100 N, 90 derece fleksiyonda iken 420 N'luk bir kompresyon kuvveti yaratır (27).



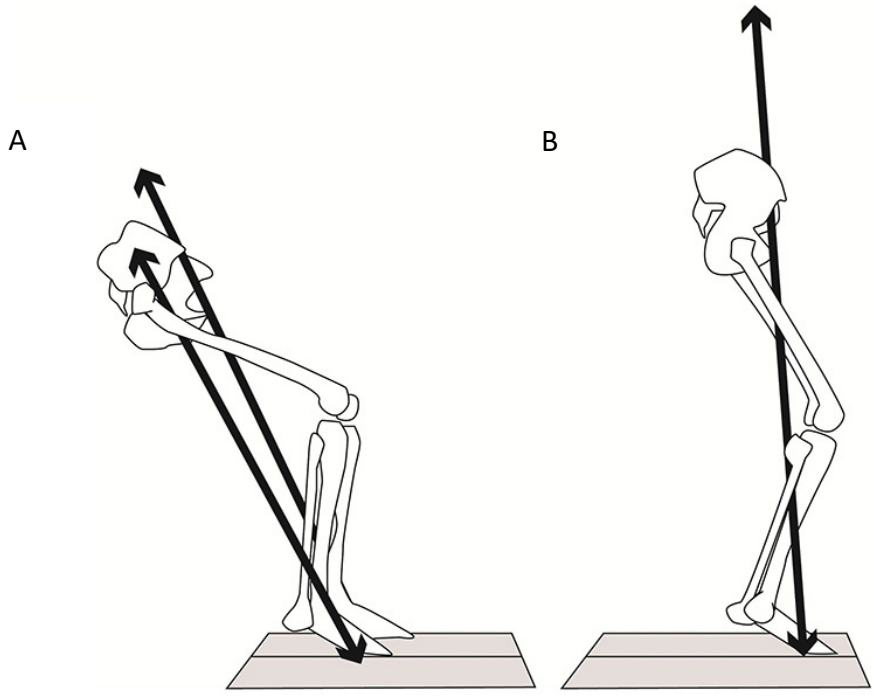
Şekil 2.4: Patellofemoral eklemdeki kompresyon, kuadriseps ve patellar tendondaki gerilimin vektörel toplamıdır. A. Ekstansiyonda, sıkıştırma kuvveti küçüktür, çünkü kas grubundaki ve tendondaki gerilim ekleme neredeyse dik etki eder. B. Fleksiyon derecesi arttıkça kuvvet vektörlerinin değişen oryantasyonu nedenli ve vücut pozisyonunu korumak için kuadriseps ve patellar tendonda gerilim artar (27).

Patellar tendon dizin farklı fleksiyon açılarında farklı gerim kuvvetlerine maruz kalır. Patellofemoral eklemdeki kompresyon yükü etki tepki prensibine bağlı olarak kuadriseps ve patellar tendona binen yükü arttırır (27). Artan yük miktarına bağlı olarak tendon boyundaki değişiklik miktarını DeFrate ve ark. (29) yaptıkları çalışmada incelemişlerdir. Bu çalışmada yük artışına bağlı patellar tendonun boyundaki uzama miktarı ilk fleksiyon açılarında maksimum iken 30 derece fleksiyondan sonraki açılarda azalmıştır.

Farklı diz açılarında tendona binen yük ve tendon uzunluğu değişirken tendonun farklı bölgeleri bu durumdan aynı oranda etkilenmez. Basso ve ark. (30) yaptıkları çalışmada 60-90 derece diz fleksiyonunda tendonun proksimalinde yer alan posterior liflere binen yükün en yüksek miktara ulaştığını ve yaklaşık olarak diğer bölgelerine kıyasla 2 kat daha fazla arttığını göstermişlerdir. Bu çalışmalara benzer şekilde, kadavra çalışmalarında tendona uygulanan yüksek miktardaki kuvvetlerin yine benzer şekilde tendonun posterior kısmındaki liflere etki ederek bu bölgede önce mikroskobik düzeyde hücre ve doku hasarı sonrasında ise makroskopik düzeyde yırtık oluşturduğu gösterilmiştir (31). Son olarak Golman ve ark. (2) yaptığı klinik çalışmada

patellar tendon yaralanmalarının en çok yine tendonun proksimalinde ve posteriorunda olduğunu tespit etmişlerdir.

Patellar tendonun aktif kullanıldığı ve tendona en çok yük binmesine sebep olan hareket sıçrama hareketidir. Sıçrama aktivitelerinin yanında, ani yön değiştirme ve eğimli bir zeminde aşağıya doğru koşma gibi özellikle patellar tendonun eksantrik ve aktif olarak kullanıldığı durumlarda da tendona binen yük artar (1). Diz eklemi, ekstansiyon mekanizmasının yanında, sıçrama sonrası yere inerken oluşan kinetik enerjiyi alt ekstremitenin diğer eklemlerine dağıtmada destekleyicidir. Bu durumu daha iyi anlamak için Malliaras ve ark. (32) yaptıkları çalışmaya baktığımızda; yere inme sırasında ayak bileği dorsifleksiyonu azalmış (<45 derece) sporcularda patellar tendinopati sıklığının 1.8 – 2.8 kat arttığını tespit etmişlerdir. Ayak bileği eklemi yere inme sırasındaki kinetik enerjiyi absorbe etmede oldukça önemli bir göreve sahiptir. Yere inme aşamasının ilk anında ayak ucunun yere teması ile ayak bileği dorsifleksiyona zorlanır, kalf kasları eksantrik olarak kasılır ve böylelikle kinetik enerjinin yaklaşık %37'sini absorbe eder. Ayak bileği dorsifleksiyon açısı azaldıkça absorbe edilen enerji miktarı azalır ve bu nedenden dolayı dize binen yük, kinetik enerji miktarı artarak (patellar tendon gerim kuvveti) patellar tendinopati gelişme riskini arttırır (32, 33).



Şekil 2.5: A. Horizontal ve B. vertikal sıçrama sonrası iniş anında ayak bileği dorsifleksiyon açısı (34).

İniş kinematiğinin daha iyi anlaşılması ve iniş sırasında patellar tendon üzerinde ne kadarlık bir yük oluştuğunun anlaşılması için yapılan çalışmalara baktığımızda Edward ve ark. (35) horizontal ve vertikal sıçrama-inme paternlerini değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak basketbol ve voleybol gibi branşlarda da vertikal sıçramaya göre daha sık olarak kullanılan horizontal sıçrama paterninin patellar tendon üzerine anlamlı olarak daha büyük bir etkisi olduğunu bulmuşlardır. Horizontal sıçrama sonrası inme sırasında vücut ağırlığının 8 katı kadar bir yük patellar tendona binerken, vertikal sıçrama sırasında yaklaşık olarak 6 kat kadar bir yük binmektedir. Benzer şekilde bu grubun yaptıkları bir başka çalışmada yine horizontal sıçrama durumunda patellar tendona binen yük anlamlı olarak fazla iken, yorgunluk sonrası diz biyomekaniğinde anlamlı bir değişme olmadığı ve patellar tendona binen yük miktarında anlamlı bir değişikliğin olmadığı sonucuna ulaşmışlardır (36). Bu çalışmalarda vertikal sıçrama sırasında daha fazla ayak bileği dorsifleksiyon açılarına ulaşılırken, horizontal sıçramada çok daha düşük miktarlarda ayak bileği dorsifleksiyon açılarına ulaşıldığı gösterilmiştir. Bu durum ayak bileği dorsifleksiyon açısının sıçrama sonrası inme noktasında dize ve dolayısıyla patellar tendona binen yük miktarına büyük oranda etki ettiğini bizlere göstermektedir (Şekil 2.5.) (35, 36). Bir başka çalışmada ise Janssen ve ark. (33) patellar tendon üzerinde oluşan kuvvet miktarını cinsiyetler arası kıyaslamış, erkek sporcularda anlamlı olarak daha büyük miktarda kuvvetlerin patellar tendona etki ettiğini göstermişlerdir. Bu durum diğer çalışmalara benzer şekilde erkek sporcularda ayak bileği dorsifleksiyon açısal hızının kadın sporculara göre daha fazla olması ile ilişkilendirilmiştir. Bu durum pratikte erkek sporcularda patellar tendinopati prevalansının yüksek olması ile de örtüşmektedir (1).

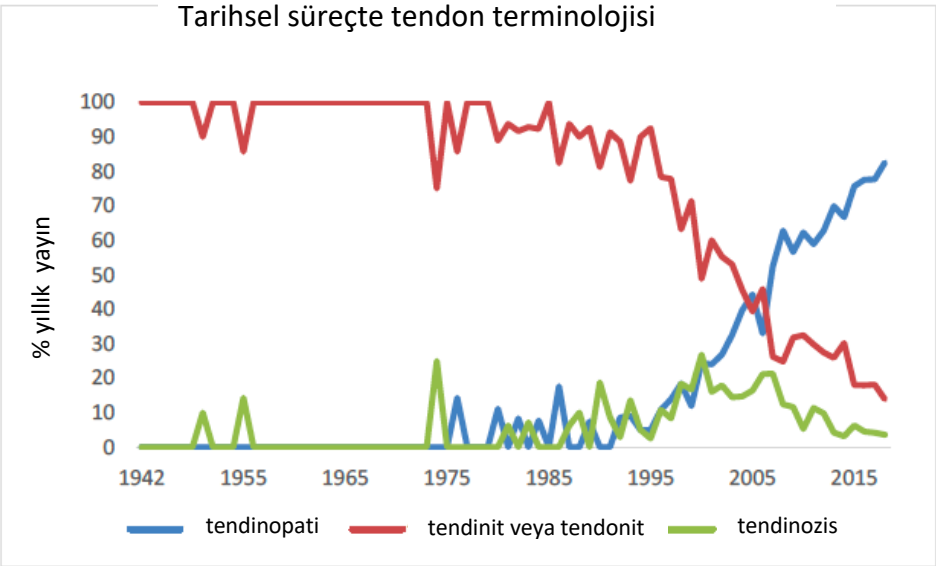
2.1.2. PATELLAR TENDİNOPATİ

2.1.2.1. Tendinopati Terminolojisi

Tarihte, tendonda meydana gelen ağrı, kalınlık artışı ve fonksiyon kaybını tanımlamak için ilk olarak Latince kökenli tendonu ifade eden “tendo” ile inflamasyonu ifade eden “itis” kelimelerinin birleşiminden oluşan “tendinit” kavramı kullanıldı (37, 38). 1990 yıllının sonundan itibaren Mafulli ve ark. (39) tendinit kavramının sadece inflamasyon temelli bu süreci ifade etmesinden dolayı tendinit yerine bir klinik ve histolojik çıktı olarak süreci ifade eden, Yunanca patheia’dan türetilen “pathy” ile “tendon”un birleşiminden türetilmiş “tendinopati” kavramını kullanmayı tercih ettiler. Her iki terim de klinik olarak akut veya kronik yaralanmaya bağlı ağrılı

ve şişmiş tendonu ifade eder. Bu tanımlamada inflamasyon varlığına veya yokluğuna; hasarın tendonun paratendon kısmında veya tendonun içinde olup olmadığına dikkat edilmez. Genel bir tanım olarak tendinopati: tendonun rüptüre olmayan, mekanik yüke bağlı olarak tendonun kendisinde veya paratendon kısmında meydana gelmiş yaralanmaların genel bir terimidir. Daha önce bu gibi durumları ifade etmek için kullanılan tendinit kavramı da hemen hemen benzer bir durumu ifade etmek için kullanılmaktaydı (4).

Bir dönem benzer kavramlar yerine, tendinit kavramında ifade edildiği gibi, inflamasyon sürecinden dikkatleri uzaklaştırmak için "tendinozis" kavramı da kullanılmıştır. Bu kavram tendonun orta kısmındaki patolojileri ifade etmek ve süreçte inflamasyon etkisinin olmadığını vurgulamak için bazı kaynaklarca daha uygun görülmüştür. Bununla birlikte tamamen sinoviyal kılıftan gelişen, krepitasyonların eşlik edebildiği, akut şişlik ile kendini gösteren "tenosinovit" kavramı ve paratenonun yaralanmaya dahil olduğu ve sıklıkla tendonun kendisinde de patolojik değişikliklerin görüldüğü durumlar için "paratendonit" veya "paratendinit" gibi kavramlar da tercih edilmiştir (Şekil 2.6.) (4, 38).



Şekil 2.6: Yıllar içerisinde tendon ile ilgili kullanılan klinik terminolojinin dağılımı (37).

Farklı terminolojik kavramların kullanılması hem sağlık çalışanları hem de hastalar için bir zorluk oluşturduğundan dolayı 2019 yılında Uluslararası Bilimsel Tendinopati Sempozyum

Konsensüsü'nde bu alanda çalışan bilim insanları bir araya geldi (37). Bu çalışmanın sonunda tendinopati ile ilgili "klinik terminoloji" şu şekilde oluşturuldu:

- Tendinopati, mekanik yüklenmeye bağlı olarak tendonda oluşan ısrarcı/devamlı ağrıyı ve tendon fonksiyonundaki azalmayı ifade eder.
- Tendon yırtığı (kısmi veya tam), tendonun makroskopik devamsızlık durumunu ifade eder.
- Görüntüleme tendinopati tanısında her zaman gerekli değildir.
- Patellar tendinopati, patellar tendonda mekanik yüklenmeye bağlı olarak oluşan tendon fonksiyonundaki azalmayı ve tendondaki ısrarcı/ devamlı ağrıyı ifade eder.
- Aşil tendinopatisi, aşil tendonundaki mekanik yüklenmeye bağlı olarak oluşan tendon fonksiyonundaki azalmayı ve tendondaki ısrarcı/ devamlı ağrıyı ifade eder.
- Peroneal tendinopati, peroneal tendonda mekanik yüklenmeye bağlı olarak oluşan tendon fonksiyonundaki azalmayı ve tendondaki ısrarcı/ devamlı ağrıyı ifade eder.
- Dirseğin medial ve lateral tendinopatisi, dirseğin medial ve lateral tendonlarındaki mekanik yüklenmeye bağlı olarak oluşan tendon fonksiyonundaki azalmayı ve tendondaki ısrarcı/ devamlı ağrıyı ifade eder.

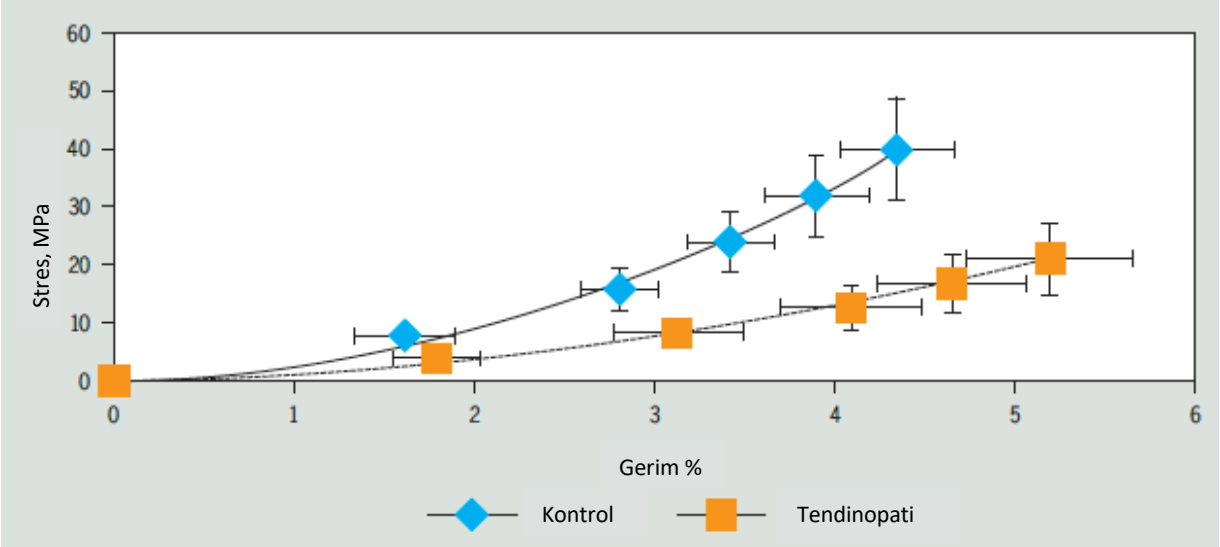
2.1.2.2. Tendon Patomekaniği

Tendon zaman içerisinde fizyolojik kapasitesinin üzerinde bir yüke (gerim, kompresyon, friksiyon) maruz bırakılınca, zamanla yaralanma, inflamasyon ve yenilenme döngüsü kümülatif bir şekilde tekrarlar ve bu durum tendinopati dediğimiz ağrı ve şişlik ile ilerleyen klinik tablonun oluşmasına sebep olur. Tendondaki akut bir yaralanma (laserasyon, rüptür vb.) sonrası oluşan yenilenme cevabı benzerken, aşırı kullanım sonucu oluşan tendinopatilerde yaralanma-tamir döngüsü zaman içerisinde kademeli olarak artarak devam eder. Şikayetlerin başlangıcı genelde sinsidir. Bu süreç zaman içerisinde çok yavaş bir şekilde sonlanabileceği gibi hastanın, hiçbir zaman tam fiziksel aktiviteye geri dönememesine de sebep olabilir (40). Potansiyel patomekaniğe uygun olarak hazırlanmamış rehabilitasyon programları sonrası henüz tam iyileşmemiş ve kapasitesi arttırılmamış, bu soruna sebep olan risk faktörleri düzeltilmemiş ve doğru kinetik zincir analizi yapılmamış tendinopatili birçok sporcu kronik veya kronik üzerine akut ağrı sikluslarına maruz kalarak spora dönüş ve/ veya aktiviteye dönüş konusunda istenilen performansı elde edemez (41).

Tendinopatili Tendonlarda Karakteristik Yapısal Değişiklikler

Tendonun yük taşıyan 3 temel yapı taşı bulunmaktadır. 1) Tip 1 kollajen 2) Glikozaminoglikandan zengin, kollajen olmayan ekstraselüler matriks 3) Tendon hücreleri. Sağlıklı bir tendon yapısında ağırlıklı olarak ekstraselüler matriks ve kollajen üretiminden sorumlu olan fibroblast hücreleri de yer alır (40). Temel yük taşıyan yapılar dışında sinir ve damar ağlarını içinde bulunduran geniş bir septal ağ (endotendon) bu yapılara destek olur. Aynı zamanda tendonun kendi yapısı dışında tendon yapısıyla yakın anatomik ilişkide olan bursa, eklem kapsülü, çeşitli fasyal kılıflar vb. gibi yapılara tendinopati olgularında olayın patofizyolojisini aydınlatmak adına dikkat edilmelidir (4).

Tendinopatili bireylerin tendonları genellikle daha kalındır fakat kalın olmasına rağmen enerji depolama kapasiteleri normal tendon yapısına göre azalmıştır. Bu yüzden yüklenme sırasında normal bir tendon yapısına kıyasla daha fazla gerime maruz kalır (Şekil 2.7). Bu durum tendonun yapısal ve materyal özelliklerindeki gerilemeyi yansıtır. Anormal tendon histolojisi azalmış yük taşıma kapasitesi ile pozitif korelasyon gösterir (42).



Şekil 2.7: Aşil tendinopatili bireylerin normal tendona sahip bireylere kıyasla fonksiyonundaki azalma. Aşil tendinopatisinde normal tendon yapısına kıyasla ortalama stres-gerim eğrisi (43).

Tendinopatide histopatolojik olarak şu bulgular görülür: kollajen disorganizasyonu, damar ve sinir yapılarda artış (44, 45), ekstraselüler matriksin su tutan yapılarında artış (46), doku düzeyinde (tendon, endotendon ve paratendon) bozulma ve rastlantısal dizilmiş (47), daha ufak

yapılı tip 3 kollajen fiberleri (48) (Şekil 2.8). Bu durumlara ek olarak hücre miktarında azalma ve/ veya fibroblast sayısında artış beklenir (4). Uzun süren olgularda geride kalan fibroblastlar başka hücre türlerine (osteoblast, kondrosit, adiposit, tenosit) farklılaşarak metaplaziye (kemik, kıkırdak veya yağ transformasyonu) neden olabilir (49). Tendon yapısında kemikleşme olmadığı sürece görüntüleme yöntemlerinde metaplazi gözükmez, sıklıkla bu duruma ait bulgularla biyopsi örneklerinde karşılaşılır (50). Öteki taraftan kronik semptomu olan uzun süreli vakaların görüntüleme yöntemleri ile tespit edilen yapısal değişiklileri, hasta uygulanan tedavilerle semptomsuz hale gelse bile görüntülemeden kısa sürede kaybolmaz (4).



Şekil 2.8: Tendinopatide yapısal değişiklikler. Sol tarafta sağlıklı tendona ait tip 1 kollajenden oluşan lifler ve serbest bağ dokusunun hemen altında yerleşen damarsal yapı ile organize tendon yapısı. Sağ tarafta tendinopatiye bağlı organizasyonu bozulmuş, tip 3 kollajenden zengin, damar - sinir sonlanmaları ve sarı - mavi renklerle gösterilen proteoglikan miktarı artmış tendon yapısı (51).

Hücresel seviyede özellikle kronik ağrılı tendinopatilerde birçok yazar lökosit miktarının (özellikle makrofaj ve mast hücreleri) ve vasküler hücrelerin (endotel ve düz kas hücreleri) arttığını göstermiştir (44, 52, 53); fakat bu artan lökosit miktarı kronik inflamatuvar veya romatolojik

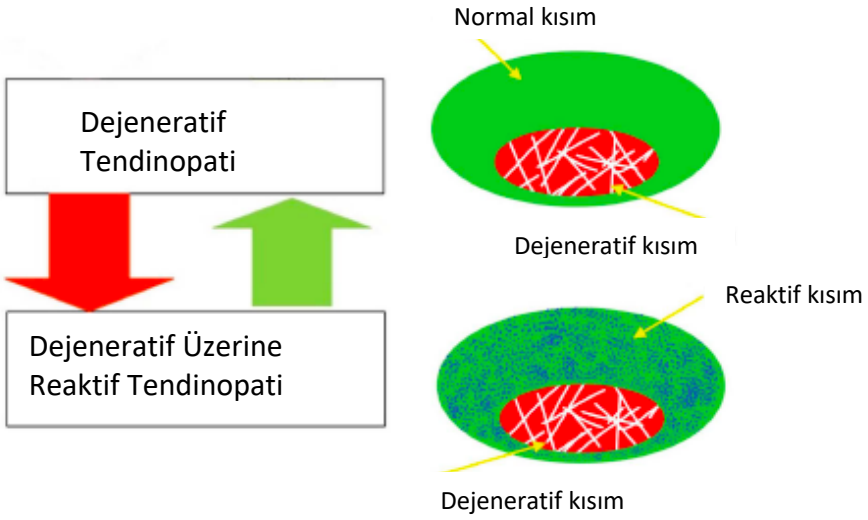
hastalıklarla kıyaslanınca oldukça düşük kalmaktadır. Bu bağlamda aslında kronik ve ağrılı olan tendinopatilerde bir inflamatuvar reaksiyonun varlığından söz edilebilir; fakat bu reaksiyon immünolojik kökenli romatolojik hastalıklara göre oldukça hafif seyretmektedir. Ayrıca normal tendonda yer alan makrofaj hücrelerine göre tendinopati olgularındaki makrofajlarda çok daha fazla miktarda hemosiderin bulunduğu gösterilmiştir. Bu durum makrofajların patolojik tendonlarda daha aktif olduğunun bir göstergesidir (54). Biyokimyasal seviyede; ağrılı tendondaki hücreler glikozaminoglikan, substans P, prostaglandin E2 (PGE2), Tumor Growth Factor β (TGF β) ve IL-6 gibi inflamatuvar belirteçleri daha fazla sentezler (4, 55). Substans P periferik sinirlerden ve tendon fibroblastlarından sentezlenir ve lokal mast hücrelerini aktive ederek ağrı ve fibrozis gelişimine katkıda bulunur. PGE2 ise yıkıcı enzimlerde kronik upregülasyona sebep olur (56, 57). Hayvan çalışmaları, bu maddelerin tendona dışarıdan enjeksiyonunun paratendondaki hücrelerde dejeneratif süreci başlattığını göstermiştir (58). Diğer taraftan tendonun kendi vasküler hücrelerinden sentezlenen vasküler endotelyal büyüme faktörü (vEGF) aracılığıyla lokal anjiogenez tetiklenir ve tendonda damar miktarı artar (45). Kollajen ile ilgili çalışmalarda ise in-vivo kollajen yapılarının aslında gerçek anlamda yırtılmadığını; fakat kollajen matriksin gevşediğini ve fiberler arasındaki bağlarda değişim olduğunu bizlere göstermiştir (55). Tüm bu inflamatuvar ürünlerin sentezi ve kollajen matrikste meydana gelen değişiklikler endotendonun içinde yer alan hücrelerden kaynaklandığı için sistemik değil, yapısal (içsel) bir değişim durumu söz konusudur (46). Bu bilgilerin ışığında rehabilitasyon sırasında hastada ödem, sabah sertliği veya ağrı varlığı yakından takip edilmelidir. Çünkü bu şikayetleri tetikleyen yanlış fiziksel aktivite veya egzersiz, tendon iyileşmesinden çok patolojik sürecin aktivasyonuna neden olacaktır (4). Bu duruma paralel olarak spora erken dönüş, tendinopatinin tekrarlaması için en önemli risk faktörlerinden biridir (1).

Hayvan tendon çalışmaları tendona yapılan ani ve kısa süreli yüklenmelerin de daha önce anlatılan benzer bir hücresel ve yapısal yanıtın oluşmasına sebep olduğunu göstermiştir. Bu çalışmalarda inflamasyona ait genlerin, 4 saat içinde hızlı bir şekilde upregüle olmasıyla transkripsiyonu artmıştır; fakat ani yük ortadan kaldırılınca hücrelerde tetiklenen bu yıkım süreci 24 saat içerisinde sağlıklı tendon hücresi boyutuna geri dönmüştür. Yükün ortadan kaldırılmadığı deneklerde ise zaman içerisinde bu yıkım daha belirgin bir hale gelmiş ve yıkımın miktarı katlanarak artmıştır (59). Bununla birlikte daha genç canlılara ait olan tendonlarda tetiklenen yıkım daha hafif seyrederken yaşlı tendonlarda bu süreç daha belirgin bir şekilde devam etmiştir (60).

Genel bir konsept olarak rehabilitasyon, yaralanma/inflamasyondan çok tamir/yeniden modellemeyi aktif hale getirmelidir; fakat klinik gelişme ile klinik görüntülemelerle fark edilebilen yapısal değişiklikler birbirine paralel bir şekilde bu süreçten aynı oranda etkilenmez. Şu an yapısal boyuttaki yeniden modellemeyi bizlere gösterecek iyi bir klinik çıktı maalesef bulunmamaktadır. Mikroskobik boyutta tendon iyileştikçe; tendondaki sinir ve damar yapılar geriler (61), kollajen yapıları güçlenir, tendon yüke daha dayanıklı ve yeniden yaralanmaya daha dirençli bir hale gelir (4).

2.1.2.3. Tendon Yapısı, Fonksiyon ve Ağrı Arasındaki İlişki

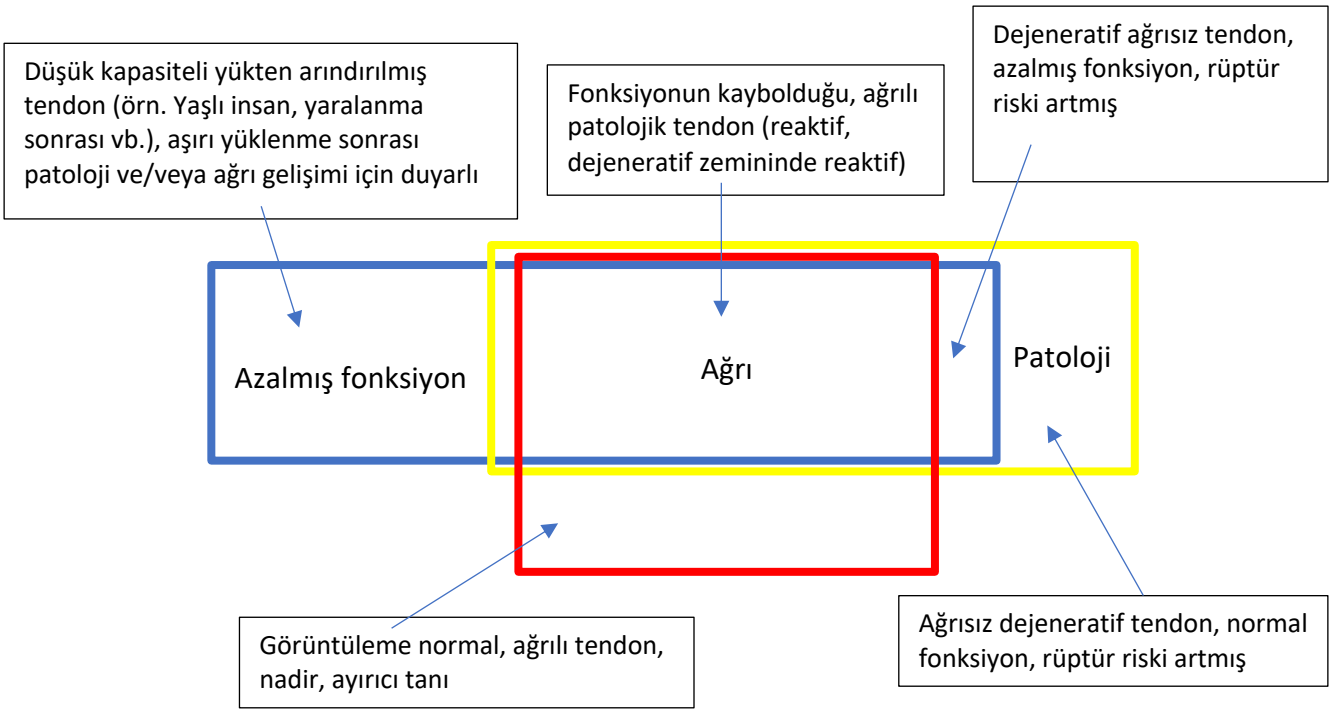
Tendinopati ile birlikte tendonda oluşan tüm bu patolojik süreci 2009 yılında Cook ve Purdam (62), yaptıkları derleme çalışmasında laboratuvar ile klinik bulguları bir araya getirdikleri süreklilik modeli ile aydınlatmaya çalıştılar. Bu model; hücre, inflamatuvar belirteçler ve kollajen yapıda meydana gelen değişikliklerin direkt olarak ağrı ve fonksiyon ile ilişkili olmayabileceğini gösterdi. Bu bağlamda tendinopati kavramı yapısal değişikliklerden çok bizlere klinik durumu anlatmak için kullanılan bir terim olarak benimsenmektedir; lakin şunu unutmamak gerekir ki yapısal değişiklikler tendinopati gelişimi için en temel risk faktörüdür. Çeşitli prospektif çalışmalarda (rölatif risk 14.6) (63) ve kesit çalışmalarında (64, 65) (göreceli risk 3.9-16.2) altta yatan yapısal anormalliklerin gelecek dönemde semptom oluşturması adına yüksek oranda risk teşkil ettiği gösterilmiştir (55).



Şekil 2.9: Ultrasonda doku karakterizasyonuna ait görüntüleme örneği, dejeneratif üzerine reaktif sürecin şematik gösterimi (66).

Bu modellemede aynı biyopsi materyalinde dejeneratif (yıkım) ve reaktif (cevap/tepki) tendon değişikliklerinin bir arada bulunduğu gösterilmiştir. Çok uzun süredir devam eden ve çok şiddetli tendinopati olgularında bile bu döngü/süreklilik birlikte gözlemlenir (4). Bu dejenerasyon-tepki döngüsü tendonun farklı alanlarında farklı aşamalarda olabilir (55). Tendonun dejenere olan kısmı mekanik yükü aktarma konusunda yetersiz kalacağından tendonun normal olan kısmına binen yük zamanla artacaktır. Bu yüzden görüntüleme yöntemlerinde normal olarak görüntülenmiş semptomatik tendon, süreç içerisinde normal alanlarında reaktif bir yanıt oluşturabilir ve bu durum görüntülemeye sonradan yansıyabilir (Şekil 2.9.) (55). Bu yüzden ağrı-yapı değişikliği hakkındaki ilişkiyi daha net ortaya koyabilmek için farklı görüntüleme yöntemleri ile çalışmalara ihtiyaç vardır.

Yapı, fonksiyon ve ağrı arasında bazı net ve net olmayan ilişkiler bulunmaktadır. Tendon ağrısı kısmen fonksiyon ile ilişkilidir. Tendinopati nedenli azalan motor kontrol ve kas kuvveti ile tendon fonksiyonu azalır (67). Bu noktada fonksiyon, atletik bir görev sırasında kas tarafından üretilen enerjinin tendon tarafından depolanması ve salınması yeteneğini ifade eder. Bu bağlamdaki ilişki nettir; fakat fonksiyondaki değişimler (kayıplar) ağrıdan bağımsız olarak sadece yapısal değişikliklere bağlı olarak da oluşabilir. Bu durum yapı, fonksiyon ve ağrı arasındaki ilişkiyi kompleks bir hale getirmektedir (Şekil 2.10) (55).



Şekil 2.10: Yapı, fonksiyon ve ağrı arasındaki ilişki (55).

Bu modelde tendon ağrısı iki kategoriye ayrılır: Akut aşırı yüklenmeye bağlı gelişen reaktif tendon ve dejeneratif tendon patolojisi üzerine gelişmiş reaktif durum. Bu model reaktif tendon patolojisinin lokal nosiseptif duyunun temel belirleyicisi olduğu düşüncesi üzerine kuruludur. Mekanik yüklenme ile tendon ağrısı arasında kuvvetli bir ilişkinin bulunması; tenositlerin mekanik etkiye verdikleri cevabın azalması, derin tendon dokusunun duyusal innervasyon eksikliği, tendon hücrelerinin parakrin yolla nosiseptif duyuyu belirlediğine dair potansiyel işaretlerdir. Hücrelerden üretilen ağrı ile ilgili maddelerin (substans P, PGE2 vb.) peritendonda yer alan periferik sinirleri bu yolla uyararak ağrı oluşumuna sebep olduğu düşünülmektedir (4). Bu durum derin tendon yapılarındaki yapısal değişikliklerin neden ağrıya sebep olmadığına dair bir açıklama getirmektedir. Teorik olarak reaktif veya dejeneratif zeminde reaktif olan tendon, nosiseptif maddelerin ve onların reseptörlerinin sentezini arttırarak periferik sinirlerin uyarılmasına, bu yolla ağrının algılanmasına neden olmaktadır. Ayrıca diffüz reaktif tendon, peritendon yapısında yer alan sinirleri tendon çapını arttırarak da irrite eder (55).

Yüklenme sonrası tendonda hem sentez hem de yıkım bir arada gerçekleşir. İskelet maturasyonu tamamlandıktan sonra kollajen turnoverı minimal düzeyde iken, kollajen olmayan proteoglikan gibi maddelerin turnoverı oldukça hızlıdır (68). Bu durum proteoglikanları erken patolojik sürecin kritik bir komponenti haline getirir. Daha önce hem ultrason hem de MR çalışmalarında gösterildiği üzere reaktif tendon yapısındaki bir tendonun hücreleri, erken değişim sürecinde göreceli olarak daha büyük proteoglikan üretir ve bu sayede tendon daha fazla su tutar (69, 70). Verilen bu cevabın tendonun yüke normal adaptasyonundan mı kaynaklı olduğu yoksa patolojik değişikliklerin erken bir göstergesi mi olduğu konusu hala net olarak anlaşılamamıştır. Docking ve ark. (71) yaptıkları çalışmada bu durumun adaptif bir yanıt olduğunu belirtmişlerdir; fakat aynı çalışmada 18 sporcudan 3 tanesinde reaktif patoloji ile birlikte ağrılı bir klinik tablo ortaya çıkmıştır. Bu durum tendonun yüke adaptasyonunda içsel faktörlerin ve yüklenme hikayesinin önemli olabileceği düşüncesini ortaya çıkarmıştır. Adaptif veya patolojik olarak değişkenlik gösterebilen bu süreç, multifaktöriyel bir etkileşimin sonucu olarak oluşur (55).

Süreklilik modelinde, başlatıcı olaydan bağımsız olarak (hücresel, inflamatuvar, kollajen kaynaklı) tendon patolojisi, yaralanmaya karşı anormal hücresel yanıtın görüldüğü bir süreçtir. Bu sürecin tam olarak net bir etiyolojiden kaynaklandığını söylemek oldukça güçtür. Birden fazla faktörün etki ettiği ve buna bağlı olarak birden fazla sürecin bir arada yürütüldüğü bir modelden bahsetmek tendinopatinin moleküler ve klinik boyutta daha iyi anlaşılmasına olanak vermektedir.

2.1.2.4. Yaralanma Mekanizması

Tendinopatilerde yaralanma mekanizmaları bölgeden bölgeye ve hastadan hastaya göre farklılık gösterir. Yaralanmadan sorumlu tutulan en dominant ve yaygın mekanizma; tendonun, tekrarlayan gerim kuvvetlerine maruz kalmasıdır. Tendona uygulanan %3-8'lik bir gerim kuvveti tendonda mikro travmaya sebep olur (41). Gerim kuvvetinin yanında kompresyon kuvvetleri de bu sürecin oluşmasında görev alır. Kompresyon içsel (bir fiber veya demetin bir diğeri üzerinde) ve dışsal (paratendon, kemik, retinakulum vb. yapılar) olmak üzere iki şekilde gerçekleşir. Gerim ve kompresyon kuvvetleri sonucu tendonda makaslama ve friksiyon meydana gelir (4). Örneğin supraspinatus tendonu akromion ve subakromial bursa altından hareket ederken eğer tendon veya bursa kalınlaşmışsa ya da glenoid labrum aşırı eksternal rotasyona bağlı olarak yukarı doğru tendonu sıkıştırırsa kompresyona bağlı supraspinatusun tendonunda oluşan makaslama kuvveti sonrası hasar kaçınılmazdır (72). Benzer şekilde el bileğinde ortak ekstansör tendon sadece tekrarlayıcı yüklenmelere bağlı yaralanmaz aynı zamanda kapitellum üzerinden rotasyon yaparken makaslama kuvvetine de maruz kalır (73). Bir başka örnekte aşil tendonu, plantaris tendonu ile temasına bağlı olarak friksiyona maruz kalır. Bununla birlikte ayağın aşırı pronasyonu sırasında tendon "kırbaçlanma" etkisi olarak da adlandırılan makaslama kuvvetine maruz kalır (4). Patellar tendon da diğer tendonlara benzer şekilde diz fleksiyonu sırasında patellar alt polde kompresyona bağlı olarak sıkışır ve kompresyon kuvvetlerine bağlı makaslamaya maruz kalır (74).

Tendon hasarında bir diğer mekanizma ise "stres koruması"dır. Tendonun bazı bölümleri zaman içerisinde kollajen fiberlerinin mikro hasarına bağlı olarak diğer bölgelerine kıyasla daha az yük taşır. Bu durum yüklerin dengeli bir şekilde tendonda dağıtılamamasına neden olur. Tendonun zamanla az yük alan kısımları hızlı bir şekilde yapısal organizasyonlarını ve mekanik özelliklerini kaybederler. Bu durum bu bölgede yer alan fiberleri hasarlanmaya daha açık hale getirir (4). Patellar tendon için ise bu teori farklı olabilir. Patellar tendon yapısında daha önce vurgulandığı gibi proksimal posteriorda yer alan liflerin yapısal olarak normal bireylerde dahi daha kısa ve farklı mekanik özelliklere sahip olduğu, buna bağlı olarak da tendonun posterior kısmının yüksek sıklıkla yaralandığı çalışmalarda gösterilmiştir (2).

Tüm bu kuvvetler sonucu meydana gelen tendinopati kliniği, sıklıkla ağrı nedeniyle hareket fonksiyonunu negatif etkilendiğinden dolayı bu durumun kronikleşmesi için uygun ortamı hazırlar. Ağrı motor inhibisyona neden olur ve kas aktivitesi buna bağlı olarak azalır (4). Yapısı değişmiş dejeneratif tendon dokusu zaman içerisinde ağrıdan veya fonksiyon azalmasından dolayı

yüke maruz bırakılmadığında yapısal organizasyonunu tekrar kazanamaz. Tendonlar için ‘kullan ya da kaybet’ prensibi geçerlidir. Tendonun sağlıklı olan bölgesiyle birlikte hasarlı olan kısmı patolojik duruma sebep olan mekaniksel yük ve risk faktörleri ortadan kaldırılıp zaman içerisinde uygun rehabilitasyon programları ile tekrar yük taşıyabilir yapısal organizasyona itilmediğinde bu süreç düzelmez (1, 4, 55). Bu yoldaki önemli zorluklardan bir tanesi de tendona anormal yük aktarımına sebep olan yerleşik hareket paterni kalıplarıdır. Bu kalıplar tendinopatinin bir sebebi olabileceği gibi bu sürecin bir sonucu olarak da oluşabilir. Daha önce bahsedildiği üzere sıçrama biyomekaniğinde yere iniş anında azalmış ayak bileği dorsifleksiyon açısının dize fazladan yük bindirmesi sonucu bu bireylerde daha fazla kalça ve diz fleksiyonu meydana gelmektedir. Bu örnekte olduğu gibi bir risk faktörü diğer risk faktörlerinin oluşmasına zemin hazırlamaktadır. Sıçramanın sık kullanıldığı sportif branşlardaki sporcularda bu mekanik düzeltilmez ise patellar tendinopatinin sık tekrarlaması kaçınılmazdır (1, 32). Bir başka örnek de supraspinatus tendinopatisi olan bireylerde skapular diskinezinin yaygın olarak görülmesidir. Bu durum kompansasyon mekanizması olabileceği gibi tendinopatinin temel sebebini de oluşturabilir (75, 76).

2.1.2.4.1. Tendinopatiyle İlgili İçsel ve Dışsal Faktörler

Yaralanma mekanizmasında olduğu gibi her bir tendon neredeyse eşsiz risk faktörlerine sahiptir. Aşırı antrenman yoğunluğu ve büyüklüğü, yüklenme hızı, antrenman hataları (kalitesiz ekipman kullanımı vb.), yüklenme şiddetinde ani artışlar, sıcaklık gibi çevresel koşullar, antrenman sahasının özellikleri, sporcunun yarışma seviyesi ve spor yılı gibi faktörler dışsal faktörlere örnek verilebilir. Bireysel biyomekanik (dizilim kusuru, kas dengesizliği veya zayıflığı, azalmış esneklik, kısıtlı eklem hareket açıklığı vb.), yaş, kilo ve yağ miktarı gibi faktörler de içsel faktörlere örnek olarak gösterilebilir (4, 77). En üst seviyedeki spor branşlarında tendinopati evrensel olarak oldukça yaygın görülür (elit düzeydeki yüzücülerde supraspinatus tendinopatisi, basketbolcularda patellar tendinopati gibi) (1, 4). Rehabilitasyon programları bireysel biyomekaniksel ve fonksiyonla ilgili risk faktörlerini göz önünde bulundurarak planlanmalıdır.

2.1.2.5. Patellar Tendinopati Klinik Muayene ve Risk Faktörleri

Sporcularda ön diz ağrısı birçok anatomik yapıdan kaynaklanabilir. Patellar tendinopati ön diz ağrısına sebep olur ve sıklıkla patellanın alt polünde lokalize ağrı ile karakterizedir. Dizin ekstansör mekanizmasında özellikle enerji depolanımı ve salınımı gerektiren aktivitelerle ağrı artış gösterir. Patellar tendinopatide oluşan ağrı ve fonksiyon kaybına bağlı sporcu spora devam etmekte zorlanabilir, uzun süreler spordan uzak kalabilir ve hatta sportif aktivitelerden tamamıyla uzak kalması gerekebilir (78). Cook ve ark. (79) farklı yaş gruplarından, spor branşlarından ve yarışma seviyelerinden patellar tendinopati nedeniyle kliniğe başvuran sporcuların 1/3'ünün 6 ay içerisinde spora dönemediğini ve %53'ünün sporu bırakmak zorunda kaldığını göstermişlerdir.

Patellar tendinopati özellikle 15-30 yaş aralığında, erkek, basketbol, voleybol, tenis ve futbol gibi tekrarlayan şekilde patellar tendona tekrarlayan şekilde yük bindiren sportif aktivitelerle uğraşan sporcularda sık olarak görülmektedir (79). Bu spor branşlarında atletik performans sırasında sıklıkla kullanılan sıçrama, inme, ani dönme ve pivotlama gibi enerji depolayan ve salan hareketler ile iş üretilmektedir. Alt ekstremiteye ait uzun tendon yapıları enerji depolama-salma kapasitesi sayesinde daha düşük enerji metabolizması ile maksimum performansı elde etmeyi sağlar (80). Antrenmanlarda veya maçlarda devamlı tekrarlanan bu hareketler arasında tendonun toparlanmasına yeterli dinlenme ile izin verilmez (81) veya tendona kısa sürede yoğun aktivite ile yüklenilir (82) ise daha önceki bölümde anlatıldığı üzere tendonda yapısal değişiklikler meydana gelebilir ve tendonun mekanik özelliklerinde farklılaşmaya sebebiyet verebilir. Zaman içerisinde meydana gelen bu değişiklikler gelecekte semptom gelişmesi yani tendinopati kliniğinin oluşması için en temel risk faktörüdür (63-65).

2.1.2.5.1. Patellar Tendinopati Muayenesi

Klinikte ilk temel zorluk hastanın şikayetlerinin tendon kaynaklı olup olmadığını belirlemektir. Patellar tendinopati, ön diz ağrısının birçok nedeni gibi, spesifik ve tanımlayıcı klinik özelliklere sahiptir. Ekstansör mekanizmanın kullanıldığı özellikle enerji depolanmasını ve salınmasını gerektiren faaliyetlerle ağrının tetiklenmesi, ağrının patella alt polünde olması önemli noktalardır (1). Diğer bulgu ve şikayetler ise günlük hayat sırasında yapılan uzun oturma, çömelme ve merdiven çıkıp inme ile ağrının artmasıdır; fakat bu şikayetlerin patellofemoral ağrıdan kaynaklanabileceği unutulmamalıdır. Patellar tendinopati kaynaklı ağrı sıklıkla yüklenme sırasında görülür ve ağrıya sebep olan hareket ortadan kaldırılınca ağrı hemen kesilir. Aktiviteden hemen sonraki dinlenme aşamasında ağrı neredeyse hiç görülmez. Tekrarlayıcı hareket sırasında

ısınmaya bağlı (warm-up fenomeni) ağrı azalabilir; fakat ertesi gün sıklıkla ağrı artış göstererek geri döner. Tendona yüklenilen aktivite miktarıyla klinik şikayetlerin miktarı birbirleri ile pozitif koreledir, yüklenme miktarı arttıkça ağrının miktarı artar. Bu durum doz bağımlı ağrı olarak adlandırılır. Basit bir örnekle sporcuya yaptırılan squat hareketinde squat derinliği veya tekrar sayısı arttıkça sporcunun hissettiği ağrının miktarı da artar (83).

Ağrı iritabilitesinin değerlendirilmesi, yukarıda belirtilen aktiviteler sonrası oluşan ağrının süresi ve miktarı, patellar tendinopati yönetiminin esas kısmını oluşturur. Çalışmalar rehabilitasyon sırasında, sporcuda 24 saatten uzun sürmeyen ağrının kabul edilebileceğini önermektedirler. Bu bağlamda irritabl tendon; ağrının 24 saatten uzun sürdüğü tendon, stabil tendon; ağrının 24 saatten kısa sürdüğü tendon olarak tanımlanmıştır. Ağrının numerik olarak 0-10 arasında (VAS) (0: Hiç ağrı yok. 10: Yaşanılabilecek en kötü ağrı) ile puanlandırılması, patellar tendinopatinin tanısında ve bu sürecin takibinde kullanılabilen tutarlı ve güvenilir bir yöntemdir (1). Bu skorlamadan yola çıkarak muayene sırasında sporcuya eğimli bir zeminde yaptırılan tek bacak squat testinde, ağrının varlığı (>2 puan) klinik tanı için ve daha sonrasında ağrı miktarının 0-10 arasında puanlanması rehabilitasyon takibi için bize bilgi akışı sağlar (Şekil 2.11 (84, 85). Mendonça ve ark. (86) klinikte patellar tendon değerlendirmesi için kullanılan anamnez ve tek bacak squat testlerinin sırasıyla 4.5 ve 4.2 pozitif olabilirlik oranına sahip (positive likelihood ratio) olduğunu göstermişlerdir. Bu rakamlar orta dereceli risk artışını bizlere ifade etmektedir. Örneğin: Ön diz ağrısı şikâyeti olan bir sporcu kliniğinize başvurursa ve tek bacak squat testi ile ağrısı ortaya çıkarsa bu sporcuda patellar tendinopati olasılığı 4.2 kat artmış olarak kabul edilir.



Şekil 2.11: 30 derece eğimli zeminde tek bacak squat testi.

Sporcuların değerlendirilmesinde kullanılabilecek bir diğer önemli skala VISA-P (Victorian Institute Of Sports Assessment – Patellar Tendon) anketidir. VISA-P, 0 ile 100 arasında skorlanan, yüksek skorların daha iyi bir patellar tendon fonksiyonuna ve kliniğine işaret ettiği bir ankettir (87). Bu anketin en küçük klinik önemli değişim skoru 13'tür (88). Özellikle sporcuların devam eden rehabilitasyonları sırasında klinik takip için önemlidir. Tanı sırasında VISA-P'de 88 puandan daha düşük bir puan alan sporcunun patellar tendinopati riski 2.1 kat artış göstermektedir. Bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda VISA-P, anamnez ve tek bacak squat testine göre tanı sırasında daha düşük bir fayda sağlamaktadır (85). Fakat sporcuların takiplerinin kantitatif olarak gerçekleştirilebilmesi adına rehabilitasyonda önemli bir yere sahiptir (1). VISA-P anketinin Türk dilinde güvenilir ve geçerli olduğunu gösteren çalışmayı 2016 yılında Çelebi ve ark. yapmıştır (89). Bir başka nokta ise altta yatan risk faktörlerini aydınlatmak adına tüm alt ekstremitede mevcut eksikliklerin ayrıntılı bir fizik muayene ile değerlendirilmesidir (1). Patellar tendinopati ile ilgili yapılan çalışmalarda sıklıkla gluteus maksimus, kuadriseps ve kalf grubundaki kaslarda kas güçsüzlüğü ve/veya atrofi varlığına dikkat çekilmektedir. Köprü kurma, tek bacak squat, dirence karşı diz ekstansiyonu ve tekrarlayan parmak ucuna yükselme gibi hareketlerin bu eksikliklerin ortaya konulmasında objektif bilgiler verdiği gösterilmiştir (90). Ayak postürü/dizilimi, kuadriseps ve hamstring esnekliği, ayak bileği dorsifleksiyon eklem hareket açıklığı gibi değerlendirmeler de patellar tendinopati ile ilişkilendirilmiştir (32).

2.1.2.6. Patellar Tendinopati Epidemiyolojisi ve Risk Faktörleri

Patellar tendinopati, özellikle sıçrama, ani dönüş, sprint gibi aktivitelerin yaygın olarak kullanıldığı, tendona kısa sürede yüksek enerji yüklenmesi sonrasında ise enerji salınımına ihtiyaç duyulan sportif branşlarda yaygın olarak görülmektedir (63). Zwerver ve ark. (91) yaptıkları çalışmada rekreasyonel seviyedeki sporcularda -voleybol ve basketbol branşlarında en yaygın görülmekle birlikte- tendinopati prevalansının %11,8-14,4 aralığında olduğunu tespit etmişlerdir. Elit seviyedeki sporcularda yapılan bir başka çalışmada ise prevelansın çok daha yüksek olduğu gösterilmiştir. Tüm sportif branşlardaki prevalans %14,2 olmakla birlikte voleybolda %44,6, basketbolda %31,9, futbolda ise %13,5 olarak bulunmuştur. Aynı çalışmada patellar tendinopatisi olan sporcularda ortalama semptom süresi 32 ± 25 ay, VISA-P skoru 64 ±19 olarak tespit edilmiştir (92). Rekreasyonel ve elit seviyedeki basketbol ve voleybolcuları bir arada bulunduran 2224 sporcunun katıldığı bir başka çalışmada ise erkeklerde %25, kadınlarda %13 oranında patellar

tendinopati olduğu gösterilmiştir. Benzer şekilde voleybolcuların genelinde (%20) basketbolculara kıyasla (%15) daha sık PT olduğu gösterilmiştir (93). Bir başka çalışmada Hutchinson ve ark. (94) basketbol oyuncularında aktif şikayeti olanların oranını %21,1, ultrasonda patellar tendon anormallikleri olan sporcu oranını ise %55,8 olarak bulmuşlardır. Bu bahsedilen çalışmaların (91-93) çoğunda erkek sporcularda ve voleybolcularda (basketbolculara göre) sırasıyla PT prevalansının yaklaşık 2 kat ve 1.5 kat daha fazla olduğu gösterilmiş; Worp ve ark. (93) multipl regresyon analizinde tahmini risk oranını sırasıyla (odds ratio) 2.1 ve 1.7 kat bulmuşlardır.

Erkek cinsiyetle birlikte sporcuların oyuna katılım seviyesinin ve sporcuların haftalık antrenman miktarının da PT riskini arttırdığı tespit edilmiştir. Milli takımda oynayan sporcularda diğer sporculara kıyasla riskin 2.2 kat, haftalık antrenman saati diğer sporculardan 5 saat daha fazla olan sporcularda ise bu riskin 1.2 arttığı gösterilmiştir (93). 2018 yılında yapılan meta-analiz çalışmasında Sprague ve ark. (95) ise yukarıda bahsedilen faktörlere ek olarak; azalmış ayak bileği dorsifleksiyon açısı, hamstring ve kuadriseps fleksibilitesi; artmış sıçrama antrenmanı sayısı, toplam oynanan voleybol seti sayısı ve counter-movement jump yüksekliğinin patellar tendinopati ile ilişkili olabileceğini ifade etmiştir. Bu meta-analizde vücut antropometrik ölçümlerinin (VKİ, kilo ve boy) ve diz ekstansör dönme momentinin (knee extensor torque) ise tendinopatiyle bir ilişkisinin olmayabileceği düşünülmüştür. Prospektif yapılan çalışmaların sayısının az olması bu incelemelerin potansiyel risk faktörü olarak değerlendirilmesine neden olmuştur.

2.2. TANISAL ULTRASON VE ELASTOGRAFİ

2.2.1. TANISAL ULTRASONUN TEMEL İLKELERİ

Ultrason (US), farklı yoğunluklardaki doku yüzeylerinden yansıyarak geri dönen ultra ses dalgalarının algılanması ve görüntülenmesi temeline dayanır. Kas iskelet sistemi ultrasonografisinde; yumuşak dokuları ve kemik yapıları görüntülemek için yüksek frekanslı (3-17 MHz) ultra ses dalgaları kullanılır. Yüksek frekanslı bir titreşim elde etmek için maddelerin mekanik etki (basınç) ile elektrik alan değiştirme (piezo elektrik) olayından yararlanılır. Bu olay, kuartz gibi bazı kristallerin elektrik enerjisi verildiğinde genişleyip daralarak titreşmeleri ve dolayısıyla ses oluşturmaları, kendilerine gelen sesi ise yine aynı yöntemle elektrik enerjisine çevirmeleridir. Bir enerji türünü başka bir enerji türüne çeviren maddelere transduser (çevirici) denir. US cihazlarında transduser, prob adı verilen başlıklarda yer alır (96, 97).

Ses dalgaları dokudan geçerken, dokuların ses dalgasını absorbe etmesi ve dalganın yansıması nedeniyle yoğunluğu azalır. Absorbsiyon ses dalgasının frekansına, dokunun absorbsiyon katsayısına ve doku kalınlığına bağlıdır. Suyun absorbsiyon katsayısı çok düşük, kemiğin ise oldukça yüksektir. Bu nedenle ses sıvılardan neredeyse hiç zayıflamadan geçerken, kemik yüzeylerden tamamıyla yansır. Yansıma; dokuların atom ve moleküllerinin ses dalgasının oluşturduğu harekete gösterdiği direnç (akustik empedans) farklılıkları ile ilgilidir. Sesin yayılım yönündeki dokular arasında farklılık ne kadar fazla ise yansıma da o kadar çok olacaktır (Tablo 2.1.) (97) .

Yüzey	**Yansıma oranı (%)**
Yağ/kas	1,08
Yağ/böbrek	0,6
Yumuşak doku/su	0,2
Kemik/yağ	49
Yumuşak doku/hava	99

Tablo 2.1: Ultrasonun doku yüzeylerinden yansıma oranı (97).

Birkaç örnekle bu fizik kurallarını açıklamak gerekirse:

- Kemik ve kalsifiye dokular doku direnci fazla olduğu için arkasına sesi yeteri kadar geçirmez. Çünkü hem kemiğin sesi absorbe etme katsayısı, hem de kas-kemik yüzeyinden yansıma oranı

oldukça yüksektir. Yumuşak dokunun ise hem absorbe etme katsayısı daha düşük olduğu hem de yansıma oranı kemiğe göre oldukça düşük olduğu için dokunun tamamı görüntülenebilir. Böylelikle kas iskelet sistemi ultrasonografisinde kas, ligament, tendon, menisküs vb. yapılar net olarak görüntülenebilmektedir. Kemik yapıların ise sadece yüzeyi net bir şekilde değerlendirilebilmektedir.

- Bağırsak gazları, arkalarındaki yapıların görülmesini engeller. Çünkü havada ses dalgalarının hemen hepsi yansır ve dağılır, arkaya ses geçmez. US incelemesi yapılan bölge üzerine jel sürülmesinin amacı da bu yansımayı engellemektir. Jel, vücut ile prob arasındaki teması tam sağlayarak havayı elimine eder (97).

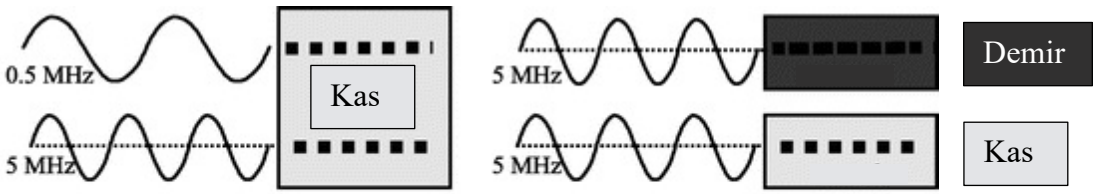
2.2.1.1 Ultrasonda Kullanılan Birimler

Frekans

Bir ultrason dalgasının frekansı, 1 saniyede meydana gelen döngülerin veya basınç değişikliklerinin sayısından meydana gelir. Birimi saniyedeki döngü sayısı veya hertz'tir (Hz). Frekans, sesin içinde seyahat ettiği ortam tarafından değil, yalnızca ses kaynağı tarafından belirlenir. Ultrasonda kullanılan ses dalgası aslında insan işitme duyusunun üst sınırı olan 20 kHz'i aşan bir frekansa sahiptir ve bu yüzden ultrases olarak adlandırılır. Klinik amaçlar için kullanılan tipik ultrason frekansları 3 MHz ile 17 MHz arasındadır (98).

Yayılma Hızı

Yayılma hızı, sesin bir ortamdan geçebileceği hızdır ve genellikle yumuşak doku için 1540 m/sn olarak kabul edilir. Hız, yalnızca ortam özelliklerine, özellikle de yoğunluk ve sertliğe göre belirlenir (Şekil 2.12.) (97).



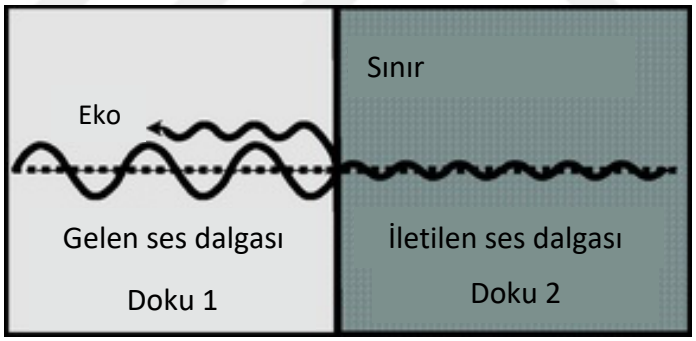
Şekil 2.12: Farklı dokulardaki ultrases dalgalarının yayılma hızı (97).

Darbeli Ultrason

Darbeli ultrason, bir kaynaktan ultrason dalgalarını yaymanın bir yolunu tanımlar. Klinik kullanımlar için gerekli olan çözünürlüğü belirli bir derinlikte elde etmek için darbeli ışınlar kullanılır. Tipik olarak, darbeler bir milisaniyede bir veya saniyede birkaç bin olacak şekilde yayınlanır (99).

Ultrason ile Doku Etkileşimi

Bir ses dalgası bir malzemenin içinden geçerken çeşitli etkileşimlere maruz kalır. Bir dalganın yansıması, tüm tanısal görüntülemelerde kritik bir kavram olarak kabul edilir ve bu durum eko (yankı) olarak adlandırılır. Ekoların üretimi ve tespiti, tıp dünyasındaki teşhis amaçlı kullanılan aletlerin tekniğinin temelini oluşturur. Ses dalgaları vücutta ilerlerken iki farklı malzeme/doku arasındaki sınırda yansımaya uğrar. Bu özellik, akustik empedans olarak bilinir ve doku yoğunluğu ve yayılma hızının bir ürünüdür (Şekil 2.13) (99).

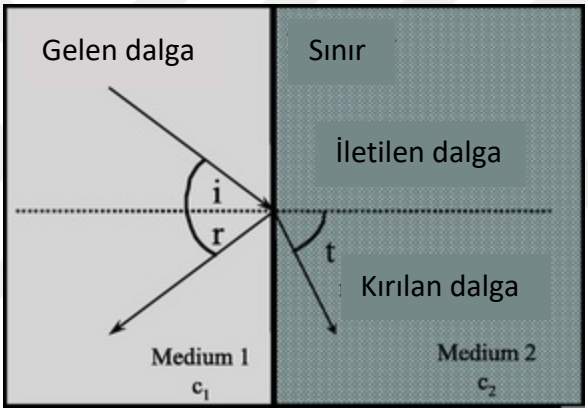


Şekil 2.13: Farklı iletkenlikteki dokular arasında ilerleyen ses dalgası ve eko (97).

İki malzeme aynı akustik empedansa sahipse, sınırları bir eko üretmeyecektir. Akustik empedanstaki fark küçükse, zayıf bir eko üretilecek ve ses dalgasının büyük bir çoğunluğu ikinci ortamda devam edecektir. Akustik empedanstaki fark büyükse, güçlü bir yankı üretilecektir. Akustik empedanstaki fark çok büyükse, tüm ultrason tamamen yansıtılacaktır. Bu durum operatörün becerisine bağlı olarak derin dokuların görüntülenmesinde farklı pencerelerin kullanılmasını gerektirmektedir. Ultrason görüntüsünde güçlü yansımalar veya yankılar beyaz, daha zayıf yansımalar gri olarak görünür (99).

Geliş Açısı

Tablo 1'de verilen yansıma oranları normal bir geliş açısı için geçerlidir. Bununla birlikte, bir ultrason ışını bir sınıra eğik olarak çarparsa doku ile meydana gelecek etkileşim normal geliş açısından daha karmaşıktır. Şekil 2.14'te gösterildiği gibi, yansıyan dalga sınırdan geliş açısına eşit bir açıyla geri dönecektir. İletilen ışın ise her iki taraftaki ultrason hızındaki farka bağlı olarak bir miktar sapacaktır. Bu süreç kırılma olarak bilinir. Sapma miktarının temel belirleyicisi ses dalgasının o dokudaki hızıdır. Bu durumu açıklayan yasa Snells yasasıdır. Sonuç olarak dokulardan yansıyan dalga transduser tarafından algılanır ve görüntü elde edilir. Kırılan dalga ise daha derindeki bir dokudan yansıyana kadar devam eder (99).



Şekil 2.14: Yansıyan ve kırılan ultrason dalgası. İki farklı akustik empedansa sahip doku arasında ses dalgasının iletimi (97).

Zayıflatma

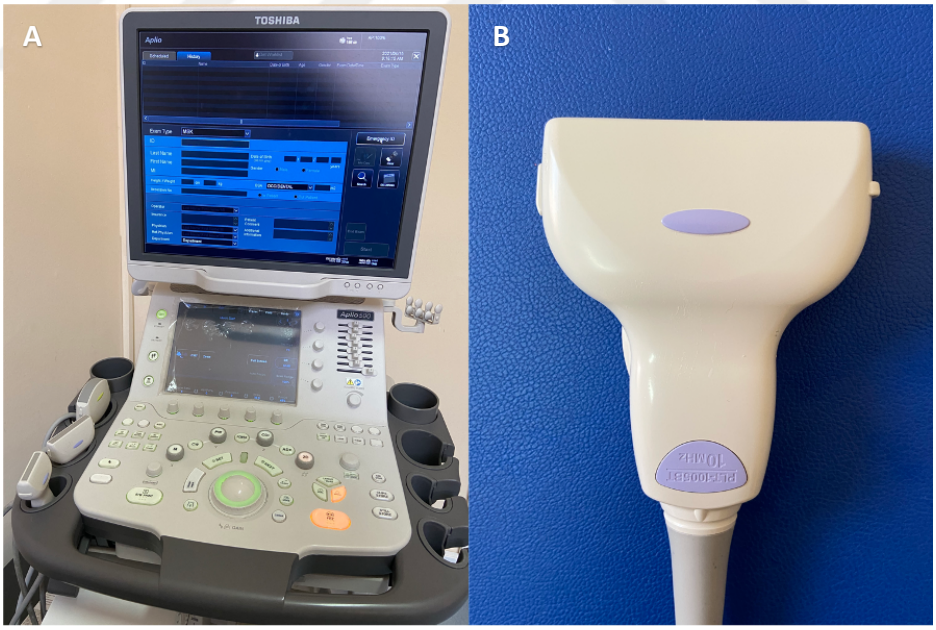
Yansıma, kırılma, saçılma ve soğurma gibi çeşitli işlemlere bağlı olarak ultrason ışınının yoğunluğu daha da azalır. Tüm bu işlemler enerjinin ana ışında azalmasına neden olur. Ultrason dalga boyuna göre daha büyük olan yüzeylerde yansıma ve kırılma daha belirgin bir şekilde olur. Dalga boyuna göre küçük olan nesnelerde, enerji daha fazla yöne dağılacağından, ultrason dalgası parçacık titreşimi ve ısı üretimi olarak dokuda daha fazla absorbe edilir. Zayıflatma miktarı ultrason sıklığına göre de değişir. Yüksek frekanslı bir ışın, daha düşük bir frekanslı bir ışına göre daha fazla zayıflatılacaktır. Bu klinikte şu anlama gelir; daha derinde bulunan görüntüleri incelemek gerektiğinde daha düşük frekanslı bir transduser kullanmamız gerekir; fakat frekans azaldığında yansıyan ses dalgası da azalacağı için görüntü daha kaba bir şekilde ekrana yansır, detaylar azalır. Tam tersi olarak daha yüksek frekanslı bir transduser kullandığımızda ise ince

ayrıntıların belirgin bir şekilde görülebildiği bir görüntü yakalanır. Bu nedenle farklı görüntüleme uygulamaları için çözünürlük ve derinlik (penetrasyonu) arasında bir uzlaşma olmalıdır (99).

2.2.1.2 Cihaz

Ultrason cihazı 3 temel parçadan oluşur (Şekil 2.15.):

- Başlık (Prob): Elektrik enerjisini sese, sesi de elektrik enerjisine çeviren transduseri taşır. Bir kablo ile alıcı ve işleyici ana üniteye bağlıdır.
- Ana konsol: İçerisinde, gelen ekoları bir görüntü haline getiren alıcı ve işleyici vardır. Bu işlem sürecinde bilgisayar teknolojisinden yararlanılır. Sistemin kontrolü ana konsol üzerinden yapılır.
- Görüntüleme birimi: Yüksek çözünürlüklü bir monitör ve kayıt sisteminden oluşur. Monitördeki görüntü canlıdır ("real-time/gerçek zamanlı"). İstenilen görüntü dondurularak genellikle özel kağıtlar üzerine kaydedilir (96, 98).



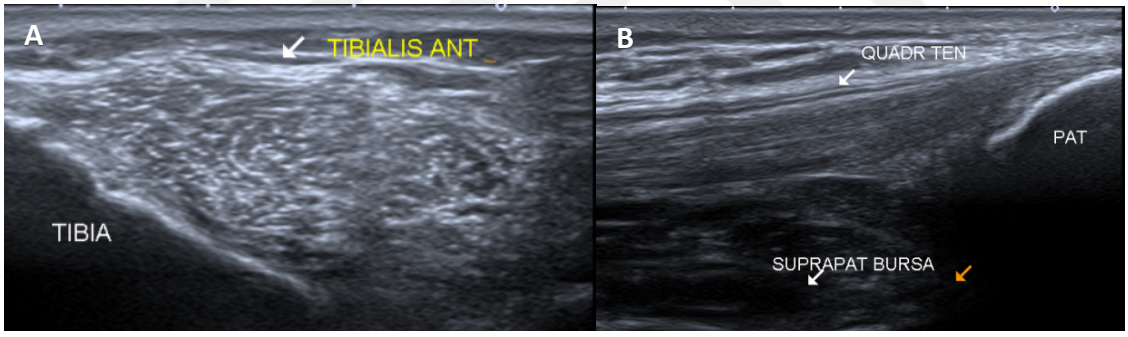
Şekil 2.15: A: Ultrason ana konsolu ve ekranı, B: 10 MHz ultrason probu.

2.2.1.3 İnceleme Yöntemleri

Yaygın olarak kullanılan iki temel inceleme yöntemi bulunmaktadır:

Gri skala US: Balık sürülerinin tespitinde kullanılan sonar sistemlerinden faydalanılarak üretilmiş, günümüzde en sık olarak kullanılan ultrason yöntemidir. B-mode olarak da adlandırılır. Bu yöntemde görüntü, yansıyan ışınların (eko) dönüş süresine ve genliğine (amplitüdü) göre oluşturulur.

US incelemesinde ses çok kısa atımlar şeklinde gönderilir ve dönen ekolar parlak noktalar olarak kaydedilir. Sesin yumuşak dokular içerisindeki hızı bilinmektedir (1540 m/sn). Sesin dönüş süresi ikiye bölünüp sesin hızı ile çarpılırsa yankıların hangi derinlikten geldiği saptanır. Ekoların genlikleri ise noktaların parlaklıklarını belirler. Görüntüler, siyah bir zemin üzerinde parlaklığı farklı noktalardan oluşur (Şekil 2.16). Gri skala US incelemesinde yukarıda da bahsedildiği gibi sesin frekansı arttıkça görüntünün ayrıntısı artar; fakat sesin penetrasyonu azaldığı için derin yapıların görüntülenmesi zorlaşır (100).



Şekil 2.16: – Gri skala ultrason görüntüleri, A: Tibialis anterior kasının transvers aks gri skala ultrason görüntüsü; B: Suprapatellar bursa, kuadriseps tendonu longitudinal aks gri skala ultrason görüntüsü.

Doppler US: Sabit frekansla ses veren hareketli bir kaynak; yaklaştıkça daha tiz (artmış frekans) uzaklaştıkça daha pes (azalmış frekans) işitilir. Buna 'doppler kayması' adı verilir. Damardan akan kanın içerisindeki kan hücreleri gibi şekilli elemanlar hareketli yapılardır. Ses bu yapılardan yansır. Gönderdiğimiz sesle yansıyan sesin arasındaki frekans değişikliğini (Doppler kayması) saptayarak akımın yönünü ve hızını belirleyebiliriz (101). Bu durum klinikte damarsal patolojilerin incelenmesinde ve doku kanlanmasındaki değişikliklerin gözlemlenmesinde kullanılır. Damarsal yapıların incelenmesinde renkli doppler kullanılır, burada amaç akım hızı aracılığı ile damar

darlıklarının belirlenmesidir. İncelenecek damar önce gri skala US ile anatomik olarak incelenir; damarın iç yüzeyindeki düzensizlik, kolesterol plakları ve kalsifikasyon araştırılır. Daha sonra kan akımının niteliği ve niceliği incelenir. Akım renkle kodlanır, akımın yönü ve şekli belirlenir. Renklerin tonlamasına bakarak akımın hızı hakkında kabaca bir fikir sahibi olunabilir (101).

Doku kanlanmasının değerlendirilmesinde ise power doppler yöntemi kullanılır. Bu yöntem, hızdan ve yönden bağımsız olarak fakat renkli doppler yöntemine göre daha hassas bir biçimde dokudaki kanlanma artışını (hareketli yapıları) tespit edebilir. Power doppler, tiroid, testis, böbrek greftleri ve tendon patolojilerindeki kanlanma artışı gibi özellikle yüzeysel yapıları incelerken oldukça yararlıdır. Tümör damarlarını aramak, küçük ve yavaş akışlı damarları değerlendirmek ve ince iskemik alanları tespit etmek için kullanılabilir. Kas iskelet sisteminde ise daha çok dejenere olmuş dokulardaki kanlanma artışını tespit etmede kullanılır (101, 102).

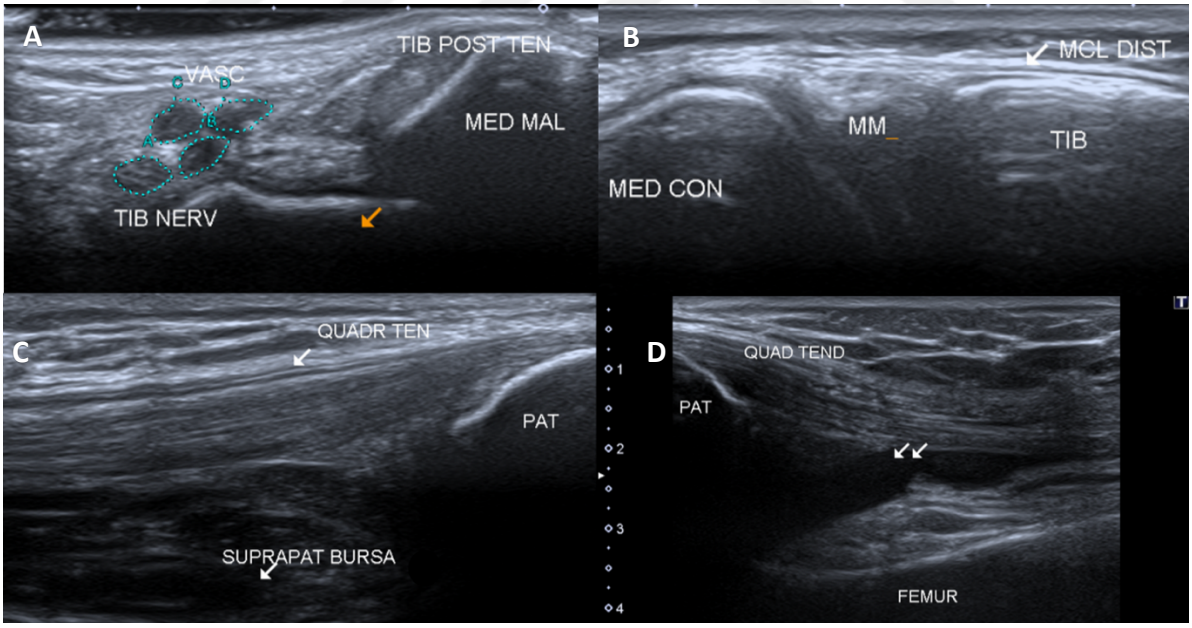
2.2.1.4. Ultrasonda Görüntü Özellikleri

Ekojenite bir dokunun ses dalgalarını yansıtma ve eko oluşturma özelliğidir. Gri skala görüntülemede yansımanın sık olduğu bölgeler hiperekoik (beyaz), az olduğu bölgeler hipoekoik (siyah) görülür. Yansımanın hiç meydana gelmediği bölgeler ise anekoik olarak tanımlanır. Ekojenitesi birbirine eşit olan dokulara veya lezyonlara izoekoik denir. Gri skala incelemede beyaz noktaların fazlalığı ve parlaklığı yankının çokluğu ve genliği ile orantılıdır. Yansıma doku yüzeylerinden olur. Yüzeyi oluşturan dokuların sese karşı davranışları ne kadar farklı ise yansıma ona göre değişkenlik gösterir. Eğer yüzey, gelen ses dalgalarını etrafa yayar ve transdusera yeteri kadar ses dalgasını geri yansıtmazsa doku siyah bir yapı (hipoekoik) olarak görülür ve bu durum anizotropi olarak adlandırılır. Anizotropi aynı zamanda gelen ses dalgasının açısına bağlı olarak da değişkenlik gösterir. Kullanıcı, probu farklı açılara doğru hareket ettirdikçe gelen ses dalgasının yansıma açısı değişeceğinden dolayı anizotropi ortadan kalkabilir (100, 103). Bu özellik, ultrasonun kullanıcı bağımlı olması ile yakından ilgilidir.

Kemik ve gaz benzeri maddeler daha ekojenik maddeler iken, sıvılar az ekojenik olarak karşımıza çıkarlar. Kas iskelet sisteminde; ekojenitelerine göre düşünürsek kemik>ligament>tendon>sinir>kas>yağ>su şeklinde bir sıralama oluşacaktır. Kemik ses dalgalarını iletmediği için arkasındaki yapılar görülemez; su ise sesi çok az absorbe eder, dolayısıyla çok iyi bir iletkendir. Bu nedenle içi sıvı dolu yapıların arkasındaki yapılar daha iyi gözlemlenir (akustik zenginleşme). Suyun tersine kemikler gibi kalsifiye yapılar sesi çok fazla

absorbe eder. Dolayısıyla kemiklerin ve kalsifiye yapıların arkalarına geçen sesin miktarı çok azalır ve görüntülerde bu bölge simsiyah (akustik perdeleme) görülür. Akustik gölge adı verilen bu bulgu, taşlar (örn: urolithiasis) ve kalsifikasyonların (örn: myositis ossifikans) tanınmasını sağlar. Bu fizik kural nedeniyle kemikler US incelemesi için engel oluştururlar (96, 103).

Ligamentler, tendonlar, sinir ve kas yapılar sıklıkla anizotropik özellik gösterir. Ligament, tendona göre daha ekoik bir yapıdadır, iyi bir ligament görüntüsü elde etmek ve anizotropiden kurtulmak için prob, ligament liflerine mümkün olduğunca paralel tutulmalıdır. Sinirler ise benzer şekilde sıklıkla anizotropik olup görüntü elde edildiğinde hiperekoik fibriller alanlar içinde hipoekoik boşluklar şeklinde görülür. Tendonlar ise sinir ve ligament yapılara benzer şekilde sıklıkla karşımıza anizotropik olarak çıkar. Görüntü elde edildiğinde ekojenitesi belirginleşir. Tendon gerimi arttıkça tendon fibrilleri belirginleşir. Tendon hasarlandıkça ise daha hipoekoik bir görünüm alır. Kas doku; tendon, sinir ve ligamente göre daha hipoekoik bir özellik gösterir. Hasarlanan ve ödemli dokular sıvı birikiminden dolayı bu bahsedilen dokulara göre daha hipoekoik olarak karşımıza çıkar (Şekil 2.17.) (103).



Şekil 2.17: Farklı anatomik yapılara ultrason örnekleri. A: Ayak bileği, medial malleol ve talus etrafında bulunan anatomik oluşumlar, mavi noktalı alanlar damar sinir paketi, turuncu ok talus kemiği, B: Diz, medial kondil ve medial tibial plato etrafında bulunan anatomik oluşumlar, beyaz ok medial kollateral ligament (MCL) distal yapışma yeri, medial menisküs (MM), C: Suprapatellar bölge, patella (PAT), kuadriseps tendonu ve suprapatellar bursa, D: Suprapatellar bölge, beyaz ok ödemli alanı göstermektedir.

2.2.1.5. Ultrasonun Klinik Avantajları

Kas iskelet sistemi görüntülenmesinde ultrason kullanımı son yıllarda giderek artmaktadır. Kullanıcıya bağımlı ve önemli bir tecrübe gerektirmesi; kemik yapıların içerisinde yer alan doku ve organları görüntüleyememesi; hava dolu organların değerlendirilmesinde yaşanan zorluklar ve derin dokuların görüntülenmesinde farklı prob özelliklerine ihtiyaç duyması olumsuz yönlerini oluşturmaktadır. Yumuşak dokuyu yüksek çözünürlükle gerçek zamanlı olarak gösterebilmesi, anatomik yapıları dinamik bir şekilde değerlendirmeye olanak tanıması, hasta ile görüntüleme sırasında iletişim kurulabilmesi ve hassas noktalar hakkında geri bildirim alınabilmesi, metal artefaktlardan (implant vb.) çok az etkilenmesi, girişimsel işlemlere kılavuzluk edebilmesi, kıyaslama amacıyla karşı ekstremiteye anında bakılabilmesi, portatif olması, radyasyon içermemesi (bu nedenle hamilelerde ve çocuklarda güvenle kullanılabilmesi), rölatif olarak ucuz olması ve bilinen bir kontraendikasyonunun olmaması klinik pratikteki olumlu yönleridir. Son yıllardaki gelişmeleri takiben dokuların mekanik özelliklerini gösterebilmesi sayesinde ise laboratuvar çalışmalarına da destek olmaktadır. Olumlu ve olumsuz yönleri göz önünde bulundurulduğunda kas iskelet sistemi kliniklerinde günümüzün en önemli tanı ve inceleme araçları arasında yer almaktadır (96).

2.2.2. ULTRASON ELASTOGRAFİ

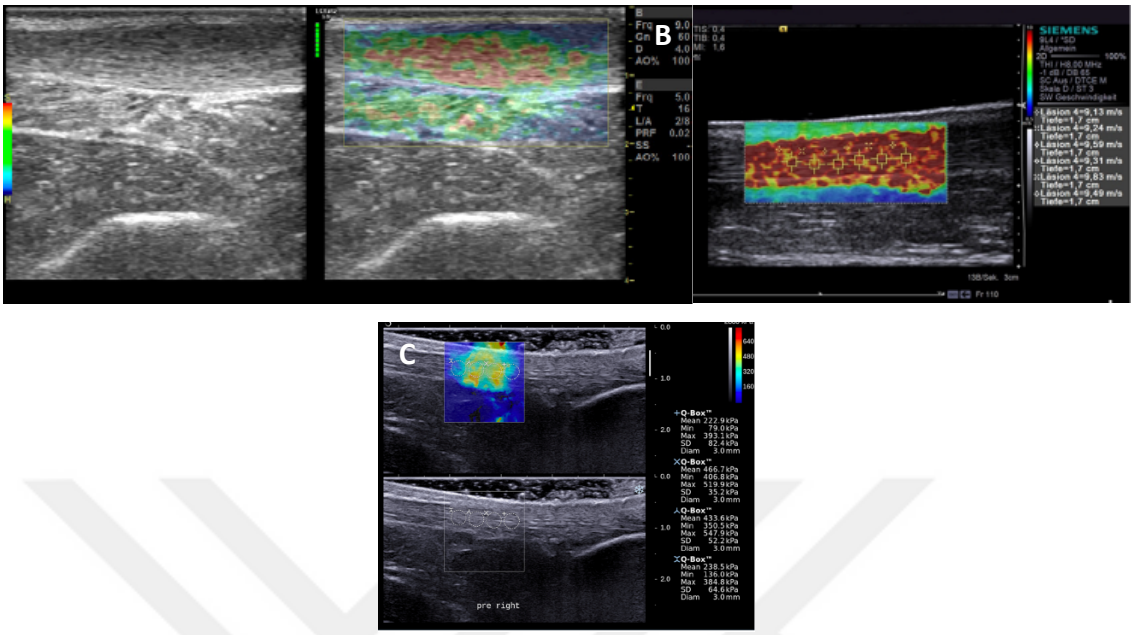
Son yirmi yılda, ultrasonografideki gelişmelerle birlikte, B-mode ultrasonografi ile elde edilen bilgilere ek olarak yumuşak doku sertliğini değerlendirmek için sonoelastografi kullanılmaktadır (104). Elastografik uygulamalar, dokuların mekanik (viskoelastik) özelliklerinin ultrasondaki bir uygulama aracılığıyla nitelik ve nicelik olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır (105). Bu aplikasyon sayesinde B-mode görüntülemeden ve doppler incelemeden bağımsız olarak dokuların elastikiyeti değerlendirilebilmektedir (106). Ayrıca bazı patolojik ve sağlıklı dokular özellikle patolojinin tam olarak gözlenemediği preklinik dönem ve erken evre klinik dönemde konvansiyonel ultrason incelemelerinde benzer ekojenik özellikler gösterebilmektedir. Bu yüzden elastografik modaliteler aracılığıyla dokuların farklı uyaranlara nasıl cevaplar verdiğini saptamaya çalışmak, travmatik veya patolojik durumlarda erken dönemde ne gibi doku değişiklikleri olduğunu ortaya koymak son yıllarda ilgi odağı olmuştur (7).

Ultrason elastografi, temel olarak dokunun, uygulanan ultrases dalgasına karşı kendi iç yapısına bağlı cevabını ve bu yolla elastikiyetini – sertliğini değerlendiren yöntemdir. Elastografi

ile dokuların dış uyarana bağlı yer değişim miktarı, deformasyonu ve uyaran ortadan kaldırıldığında ise eski haline dönme süreci değerlendirilmektedir. Böylelikle dokuların sertlik özelliklerini temsil eden kantitatif elastografi değeri ortaya koyulabilmektedir (107). Dört temel elastografi tekniği bulunmaktadır: Kompresyon (strain) elastografi, geçici (transient) elastografi, akustic radiation force impulse (ARFI) elastografi ve shear-wave (kayma dalgası) elastografi (SWE) (Şekil 2.18) (7). Bu tez çalışmasında shear-wave elastografi kullanıldığı için shear-wave elastografiden daha detaylı olarak bahsedilip, diğer elastografi tekniklerine kısaca değinilecektir.

2.2.2.1. Kompresyon, ARFI ve Geçici Elastografi

Kompresyon elastografi, kompresyon uygulanan dokuda strain (gerinim, yer değiştirme) oluşması temeline dayanmaktadır. Sert dokularda yer değiştirme (strain) miktarı daha az olur, yumuşak dokularda ise daha fazladır. Cihaz, yer değiştirme miktarını uygulanan kompresyonun öncesinde ve sonrasında elde edilen görüntülerini kıyaslayarak yer değiştirme oranı şeklinde (strain ratio) hesaplar. İncelenecek doku mekanik olarak eksternal (probun mekanik olarak bastırılması gibi) bir kuvvet ile uyarılır bu yüzden yarı statik bir değerlendirme yöntemidir. Değerlendirilmek istenen ve ilgi bölgesi (region of interest (ROI)) olarak adlandırılan belirli bir bölgeyi referans bir ilgi bölgesi (genellikle cilt altı yağ dokusu) ile kıyaslayarak dokunun sertliği hakkında bizlere rölatif olarak bilgi verir (108). Bu yüzden yarı kantitatif bir inceleme olarak kabul edilir. Ayrıca bu yöntem dokuların yer değiştirme miktarını B-mode görüntüler ile birleştirilerek yer değiştirme dağılım haritası oluşturur ve "elastogram" görüntüleri meydana getirir. Oluşturulan elastogram renk haritası şeklinde gösterilir; mavi renk genellikle sert, kırmızı renk yumuşak, yeşil ve sarı renkler ise orta sertlikte dokuları belirtmek için kullanılmaktadır (105). Kompresyon elastografi, kullanıcı bağımlıdır ve semi kantitatif veya renk haritası üzerinden kalitatif bir değerlendirme olanağı sunar. Sonuç olarak, yeniden üretilebilirlikle ilgili sınırlamaları vardır ve sıklıkla daha sert dokuların içerisinde yer alan lezyonların sertliğinin belirlenmesi zordur (7).



Şekil 2.18: Aşil tendonunda ultrason elastografi uygulamalarının örnekleri, A: Strain Elastografi (105), B: ARFI (109), C: Shear-wave Elastografi (110).

Akustic radiation force impulse (ARFI) yönteminde dokuya gönderilen ultrases dalgasının ilgi alanında (ROI) meydana getirdiği minimal yer değişikliğinin kalitatif olarak tespiti ile ölçüm yapılır. Elde edilen bu görüntü referans görüntüler ile kıyaslanarak değerlendirilir ve kompresyon elastografiye benzer şekilde elastogram elde edilir. Elastogram gri veya renkli skala olarak ifade edilebilir. Dinamik bir yöntemdir ve kompresyon elastografiden farklı olarak doku dışarıdan uyarılmaz, sadece ultrason probundan çıkan ses dalgası ile uyarılır. Uyarılma sonucunda bir sonraki konuda detaylı olarak bahsedilecek olan shear dalgaları da oluşur. Eğer cihaz oluşan bu dalgaları eş zamanlı olarak belirlenen alanda ölçebilirse kantitatif veriler elde edilebilir. Bu yöntemde point shear wave measurement- noktasal kayma dalgası ölçümü olarak adlandırılır (107). Bu yöntem ARFI'den farklı olarak kantitatif ölçüm olanağı sunar.

Geçici (transient) elastografi yönteminde ultrason probu piston gibi hareket ederek dokuya vibrasyon dalgaları gönderir, aralıklı olarak dokuya doğru dışarıdan gönderilen bu dalgaların mekanik etkisi ile dokuda shear wave dalgaları oluşturulur. Daha çok karaciğer incelemelerinde kullanılır. Dalganın ulaşabildiği derinlik limitlidir. Maksimum 6-7 cm'ye ulaşabilir. Bu yüzden yağ dokusu fazla olan bireylerde ölçüm yapmak güçtür (111). Dinamik bir inceleme yöntemidir. Diğer yöntemlerden farklı olarak oluşan shear-wave üzerinden ölçüm yapar ve kantitatif bir ölçüm

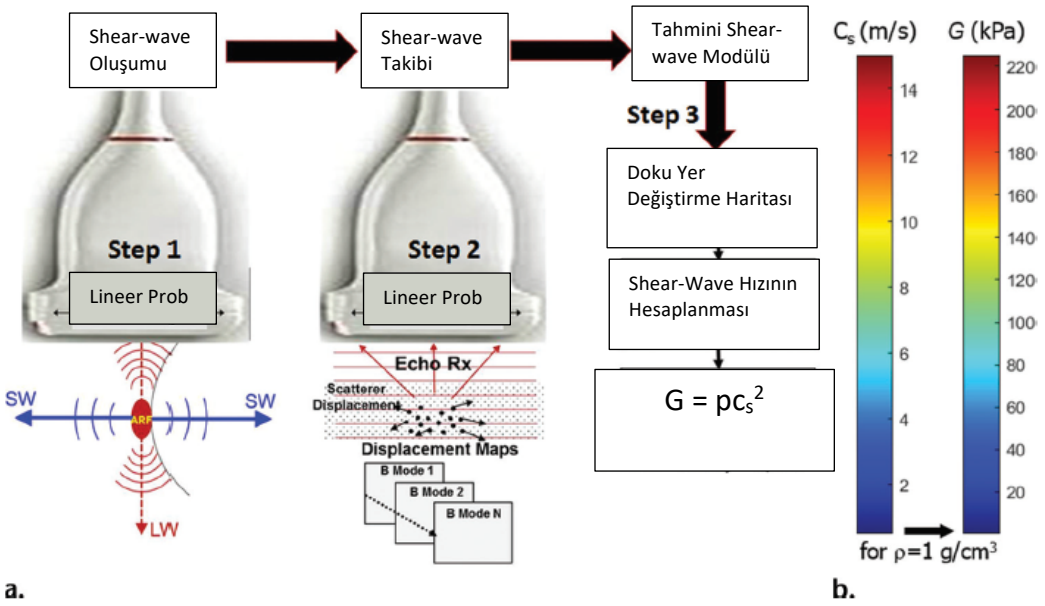
elde eder. Sadece shear-wave'in hızı hakkında bilgi verir; fakat bir görüntü oluşturmaz. Bu yüzden shear-wave yöntemiyle çalışmasına rağmen literatürde bahsedilen shear-wave uygulamaları içerisinde kabul görmez (Tablo 2.2) (107).

Metot	Kuvvet Türü	Uygulanan Kuvvet	Görüntülenen Özellik	Kalitatif/ Kantitatif	Görüntüleme/ Ölçüm
Strain Elastografi	Yarı Statik	Mekanik uyarı – Doku yüzeyinin aktif yer değiştirmesi	Strain rate	Kalitatif	Tüm alan
ARFI	Dinamik	Ultrason ile uyarı - Derindeki odaklanmış ses dalgası impulsu	Yer değiştirme miktarı	Kalitatif	Tek bir kutucuk
Geçici Elastografi	Dinamik	Mekanik uyarı – Doku yüzeyindeki impuls	Shear-wave hızı	Kantitatif	Tek bir ölçüm – ortalama hız
Noktasal Shear-wave Elastografi	Dinamik	Ultrason ile uyarı- Derindeki odaklanmış ses dalgası impulsu	Shear-wave hızı	Kantitatif	Tek bir ölçüm – İlgi bölgesinin ortalaması
Shear-wave Elastografi	Dinamik	Ultrason ile uyarı – Farklı derinliklerdeki odaklanmış ses dalgası impulsu	Shear-wave hızı	Kantitatif	Tek bir görüntü içerisinde yer alan ilgi bölgeleri

Tablo 2.2: Ultrason elastografi uygulamalarının genel özellikleri (107).

2.2.2.2. Shear-wave Elastografi

Ultrason probundan çıkan ultrases dalgaları dokuda aksiyel (dikey) planda hareket eder. Bu hareket sırasında dokuda minimal yer değişikliğine sebebiyet verir. Bu değişim sırasında dikey dalgalara dik, lateral doğrultuda, birbirlerine zıt yönde (transvers planda) hareket eden ve dokuda belirgin bir hacim değişikliği oluşturmadan minimal şekil değişikliğine sebep olan makaslama (kayma) dalgaları elde edilir; bu dalgalara shear-wave denir. Bu oluşturulan dalgaların hızı ana ses dalgasından çok daha yavaştır. Shear-wave'in dokuda oluşturduğu yer değişikliği miktarı algoritmalar (speckle tracking) ile hesaplanarak elastogram haritaları oluşturulur. Bu haritalar aracılığıyla shear-wave'in hızı (m/sn) hesaplanır (Şekil 2.19) (7).



Şekil 2.19: Shear-wave oluşumunun ve hız hesaplanmasının şematik gösterimi (7).

Shear-wave'in hızı sert dokularda daha fazladır yani doku sertliği ile dalga hızı arasında pozitif bir korelasyon mevcuttur. Shear-wave elastografide kullanılan temel formül şu şekilde ifade edilir: G (doku elastisitesi – shear modül) = ρ(doku dansitesi)c_s^2(shear wave hızı). Doku elastisitesi birimi kPa; doku dansitesi birimi kg/m³; shear wave hızı ise m/sn cinsinden ifade edilir (7).

Bu yöntemin eksik olduğu taraflardan birisi penetrasyon derinliğidir. Hem çok derin dokularda hem de yüzeysel dokularda ölçüm yapmak güçtür. Geçici elastografiden farklı olarak çok yüzeyel dokularda etkinliği azalmakta, heterojen sonuçlar verebilmektedir. Bu nedenle yüzeysel doku incelemelerinde ultrason jelini daha fazla koymak yararlı olabilir (112). Ayrıca görüntüleme sırasında görüntü real time olarak yapılamamakla birlikte 1-2 sn geriden gelerek oluşmaktadır. Bir başka problem ise probun inceleme sırasındaki dokuya olan açısı oldukça önemlidir, prob eğer incelenecek dokuya yeteri kadar dik tutulamazsa görüntü elde edilemeyebilir (7). Bunların yanında kompresyon elastografi ile karşılaştırıldığında daha nesneldir ve kolayca tekrar edilebilir. Elle yapılan kompresyona gereksinim duyulmaması da en önemli avantajları arasında yer almaktadır. Bu yüzden kullanıcıdan yani tecrübeden bağımsız olarak daha somut veriler elde edilebilir (105). Bugüne kadar yapılan çalışmalar sonrası elde edilen SWE'nin kas iskelet dokularının değerlendirilmesinde mevcut potansiyel klinik uygulamaları ve beklenen kayma dalgası hızı ve kayma modülü bulguları tablodaki gibidir (Tablo 2.3) (7).

İncelenen Anatomik Yapı	Shear-Wave Hızı	Shear Modül
Normal Tendon	Orta seviye sertlik	Yüksek
Kasılmış Tendon	Sertlik artar	Yüksek
Tendinopati	Değişken (Artar veya azalır)	Değişken (Artar veya azalır)
Kas	Düşük seviye sertlik	Düşük
Kasılmış Kas	Sertlik artar	Artar
Miyopati (Normal Kasa göre)	Değişken (Artar veya azalır)	Değişken (Artar veya azalır)
Kas Yırtığı	Akut dönemde azalır	Akut dönemde azalır
Fasya	Orta seviye sertlik	Yüksek
Kasılmış Fasya	Sertlik artar	Yüksek
Fasya Yırtığı	Akut dönemde azalır	Akut dönemde azalır
Sinir	Düşük seviye sertlik	Düşük
Nöropati (Normal Sinire Göre)	Sertlik artar	Artar
Ligament	Orta seviye sertlik	Yüksek
Kalınlaşmış Ligament	Sertlik artar	Yüksek

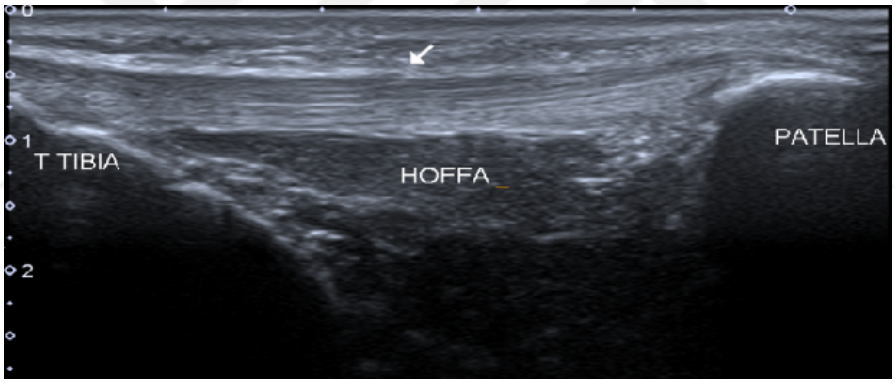
Tablo 2.3: SWE'nin kas iskelet dokularının değerlendirilmesinde mevcut potansiyel klinik uygulamaları ve beklenen kayma dalgası hızı ve kayma modülü bulguları (7).

2.2.3. PATELLAR TENDON İNCELEMELERİNDE ULTRASON VE ELASTOGRAFİ

Ultrason ve manyetik rezonans inceleme (MR) tendon yapısının görüntülenmesinde ve tendonla ilgili problemlerin tanınmasında en çok kullanılan görüntüleme yöntemleridir (3). Ultrason son yıllarda daha ucuz olması, dinamik görüntüleme olanağı sunması ve minimal invazif olması nedeniyle MR'a göre daha fazla popülerlik kazanmıştır (92). Şu anda, Avrupa'da tendon anormalliklerinin incelenmesinde yaygın kullanımı kabul görmektedir (113).

Normal tendon yapısı ultrasonda çoklu fibriler düzende, sık aralıklı, ekojenik, paralel lifler olarak görüntülenir (Şekil 2.20). Transvers planda ise bu fibriller, multipl noktalar olarak görülür. Normal bir tendon yapısı ekojeniktir ve boyut olarak uniform yapıdadır (114). Bu uniform yapı eğer prob doğru açıda, fibrillere dik bir şekilde tutulmaz ise siyah, anizotropik görüntülenir. Bu durum tendonun normal yapısının operatör tarafından anormal olarak değerlendirilmesine neden olabilir. Bu yüzden tendon, gri skala ultrason ile değerlendirilirken oldukça dikkatli ve sık manevra yaparak ayrıntılı bir şekilde incelenmelidir (113). Ayrıca tendon yapısı incelenirken tendonun

yapıştığı eklemin hangi pozisyonda olduğu da önemlidir. Patellar tendonu ele alacak olursak, diz 0 derecede iken tendon kendi üzerinde hafif bir katlantı yaptığı için hipoekoik alanlar daha yaygın olarak görülür. Bu alanlar tendinopatik değişikliklerde görülen hipoekoik alanlarla karıştırılmamalıdır. Diz 20 derece veya daha fazla fleksiyonda iken bu hipoekoik alanlar kaybolur ve ayrım daha rahat bir şekilde yapılabilir. Bu noktada verilebilecek bir diğer örnek de power doppler ile patellar tendon değerlendirilirken dizin 30 derece fleksiyonu (>20) sırasında vasküler yapıların gerim nedenli komprese olması sonucu aktivite artışı görülemeyebileceğidir. 0 dereceye alınan dizde ise vaskülarite artışı daha net bir şekilde ortaya konulacaktır. Tüm bu detaylar, incelenecek tendonun ultrasonografik yapısına özel olup, inceleme sırasında her bir ayrı vücut yapısı için farklı manevralar uygulanmalı ve her biri farklı açısal pencerelerde değerlendirmeye alınmalıdır (115).

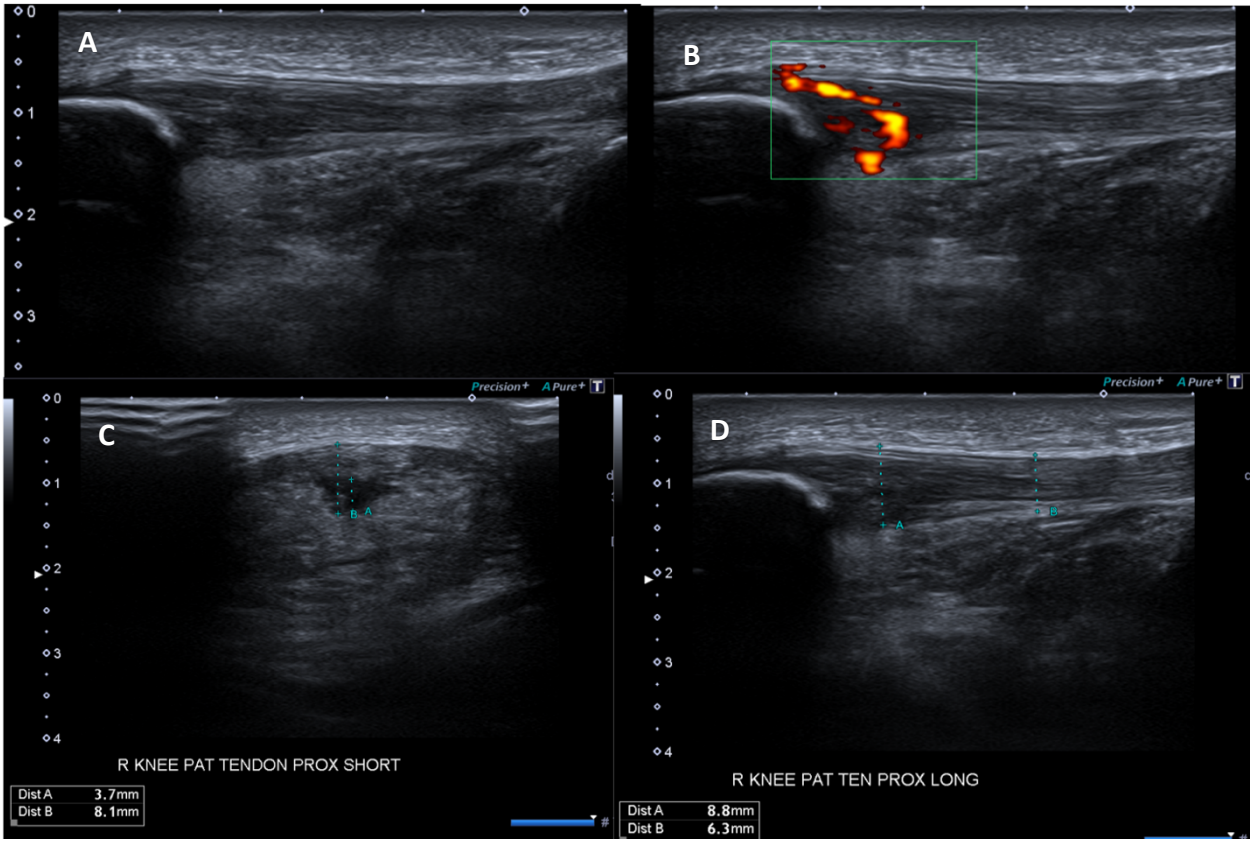


Şekil 2.20: Patellar tendonun longitudinal aks gri skala ultrason görüntüsü.

2.2.3.1. Patellar Tendinopati Olgularında Ultrason

Anormal yüklenme sonrası tendinopatik tendonda hücre sayılarının ve matriks sentezinin artması sonucu meydana gelen yapıların morfolojik değişiklikleri görüntülemeye yansır. Bu durumun makroskopik sonucu olarak; lokal şişlikler oluşur, matriks dejenere olur ve neovasküler yapılar artar (1). Oluşan bu makroskopik değişiklikler; tendon kalınlığında lokal artış, hipoekoik alanlar ve vaskülarite artışı ultrason ile kolayca görüntülenebilir (Şekil 2.21) (3). Günümüzde ultrason tendinopati tanısı konmasında, tedavi etkinliği incelenmesinde ve semptom geliştirme konusunda risk analizi yapılmasında klinik değerlendirmeye yardımcı olarak kullanılan en önemli görüntüleme araçlarından biridir (1). Uzun süre kas iskelet alanında altın standart görüntüleme yöntemi olarak kabul edilen MR incelemeye kıyasla son dönemde yapılan az sayıdaki çalışmada

daha yüksek veya benzer tanısal doğruluk oranına sahip olduğu gösterilmiştir. Klinik olarak tanı konulmuş patellar tendinopati olgularından Warden ve ark. (116) MR incelemenin duyarlılığını %57; özgüllüğünü %82 (tanısal doğruluk oranı: %70), gri skala ultrasonun ise duyarlılığını %87 özgüllüğünü %82 (tanısal doğruluk oranı: %83) olarak bulmuşlardır.



Şekil 2.21: Patolojik patellar tendon görüntüsü, A: Gri skala longitudinal aks proksimal patellar tendon, B: Patolojik patellar tendon proksimalinde grade 3 power doppler aktivasyon artışı, C: Aynı tendonun transvers aks görüntüsü, tendon kalınlığı 8.1mm içerisinde 3.7mm kalınlığında hipoekoik alan, D: Aynı tendonun uzun aks en kalın noktasından alınan kalınlık ölçümü 8.8mm.

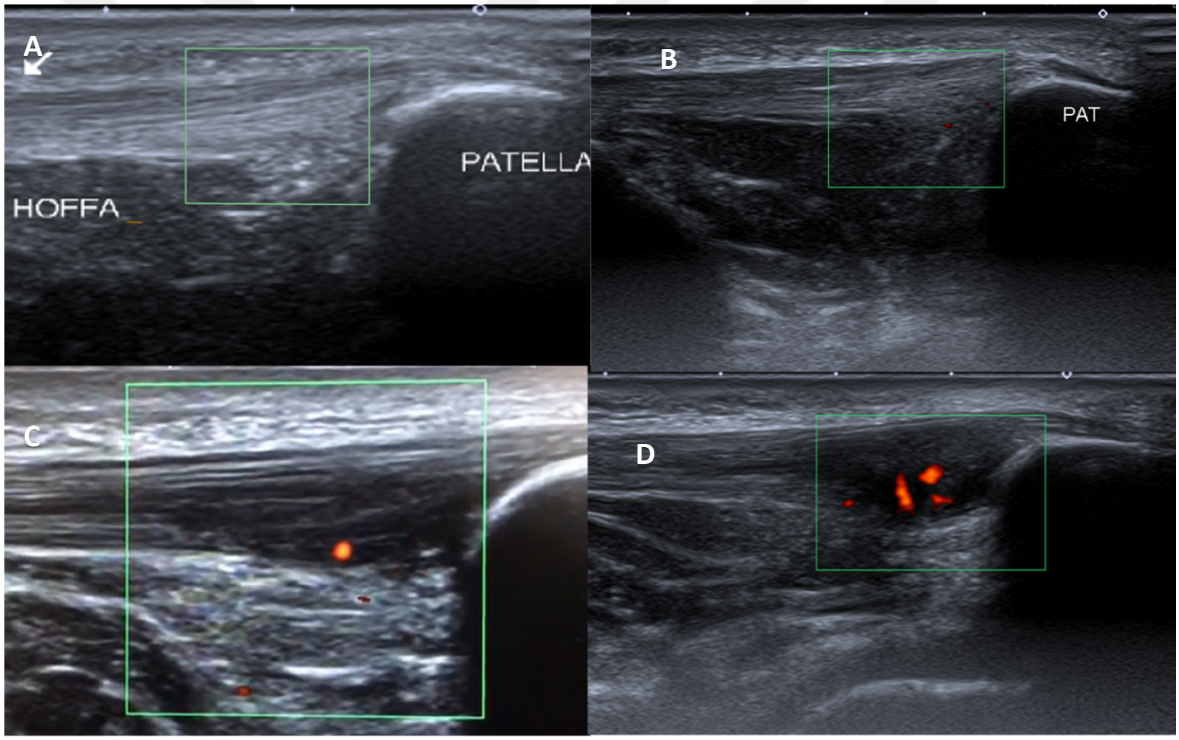
Ultrason, tendinopati olgularındaki tanısal öneminin yanında, özellikle son yıllarda asemptomatik olup tendonda dejeneratif değişiklikleri mevcut olan sporcuların takibinde risk analizi yapmak için de kullanılmaktadır. McAuliffe ve ark. (3) 2016 yılında yaptıkları meta-analiz çalışmasında asemptomatik olan sporcuların %59'unda dejeneratif tendon değişikliklerinin mevcut olduğunu bildirmişlerdir. Asemptomatik olup tendon yapısında dejeneratif değişiklikler gösteren sporcuların yaygın olması, bu görüntülerin sporun fizyolojik doğasından mı kaynaklı

olduğu yoksa patolojik değişikliklerin mi öncülü olduğu konusunda akıllarda soru işaretleri bırakmaktadır. Bu durum için yine aynı çalışmada asemptomatik sporcularda ultrason değişikliklerinin gelecekte patellar tendinopati geliştirmesi için risk faktörü olup olmadığı analiz edilmiş ve dejeneratif patellar tendon yapısı olan sporcuların %20'sinin gelecekte patellar tendinopati kliniği gösterdiği saptanmıştır. Bir başka ölçütle hastalık riskinin 4.35 kat arttığı gösterilmiştir. Bu rakam orta dereceli risk artışını ifade etmektedir. Tam tersi bir hipotez incelendiğinde ise ultrason incelemesi normal tendonların sadece %3'ünün gelecekte semptom geliştirdiği gösterilmiştir (95). Bu çalışma, asemptomatik olan sporcuların ultrason ile yapılan analizlerinde, yapısal değişikliklerin gösterilmesinin tendinopati gelişmesi açısından yüksek riskli sporcuların önceden tespit edilmesini sağlayabileceğini göstermiştir. Bu sayede antrenman planlamaları yapılarak sporcuların semptomatik hale gelmelerine engel olunabileceği fikri ortaya atılmıştır.

Patellar tendinopatide tendonun en sık proksimalinde dejenerasyon görüldüğü için ultrasonografik bulgular da en çok tendon proksimalinde görülür (>%70) (2, 117). En sık karşılaşılan bulgular ise diğer tendonlara benzer şekilde proksimal uçta kalınlık artışı, hipoekoik alanlar ve artmış vasküler aktiviteye bağlı artmış power doppler aktivasyonudur. Ortalama ön arka tendon kalınlığı yapılan çalışmalarda 3-6 mm olarak ölçülmüştür (118, 119). Tendon kalınlığı ölçümün hangi noktadan yapıldığına bağlı olarak değişkenlik gösterir (Şekil 2.21). Proksimal uç daha kalın iken, tendonun orta 1/3'lük bölümü genellikle en ince olduğu noktadır (118). Tendinopati ile ilgili yapılan çalışmalarda ise kalınlık değerleri genellikle 5mm üzerinde ölçülmüştür. Golman ve ark. (2) patellar tendinopatisi olan sporcularda ortalama proksimal tendon kalınlığını 6.1 mm olarak, Visnes ve ark. (115) 5 mm olarak ölçmüşlerdir; fakat literatürde mevcut onlarca çalışmaya rağmen hangi değerin üzerinde 'tendon kalınlığı artmış' ifadesi kullanılabileceğine dair net bir konsensüs bulunmamaktadır (3). Bu durum iki bacak arasında kıyaslama yapılmasını ve rölatif olarak tendon kalınlığının artmış olduğunun gösterilmesini zorunlu hale getirmektedir.

Patellar tendinopati olgularında diğer bir önemli değerlendirme yöntemi de power doppler ultrasondur. Yüklenme nedeniyle dejenere olan dokunun kanlanması zamanla artar (1). Bu durum power doppler ile gösterilmiştir ve artan kanlanma miktarına göre farklı derecelendirme sistemleri kullanılmaktadır (3). En yaygın kullanılan sınıflandırmalardan birisi 0-3 kademeli sınıflandırmadır. Bu yöntemde 0. kademede tendon içerisinde veya komşuluğunda power doppler

artışı tespit edilemez. 1. kademede tendon içerisinde aktivasyon yokken komşuluğunda kanlanma artışı tespit edilir. 2. kademede tendon içerisinde 1-2 damarsal yapı tespit edilir. 3. kademede ise tendon içinde 3'ten fazla damar yapı mevcuttur (Şekil 2.22) (102). Ayrıca literatürde 0-5 sınıflandırma sistemini kullanan çalışmalar da mevcuttur (12). Kanlanma miktarı ve kanlanmanın artış gösterdiği lokalizasyon hastanın şikayetleri ile de uyumluluk gösterir. Tendonun hipervasküler alanının aynı zamanda hastanın palpasyon sırasında ve günlük hayatta en çok ağrıyı hissettiği nokta ile korele olduğu, hastanın o bölgede şikâyeti olmasa dahi gelecekte aynı noktada semptom göstermesi için risk faktörü olduğu çalışmalarda gösterilmiştir (12, 113, 120).



Şekil 2.22: Patellar tendona ait power doppler görüntüleri, A: Grade 0, power doppler aktivasyonu yok, B: Grade 1, tendon dışındaki alanda kanlanma artışı, C: Grade 1, tendon içerisinde 1-2 damarsal yapı – kanlanma artışı, D: Grade 3, tendon içerisinde 3 veya daha fazla kanlanma artışı.

Patellar tendinopati görüntülemesinde bir diğer önemli bulgu da tendon içerisinde yer alan hipoekoik alanlardır. Normal matriks yapısını kaybetmiş tendon bölgelerinin ses yansıtma özelliği de değişir. Bu alanlar ultrasona hipoekoik noktalar olarak yansır. Çalışmalarda görüntülenen bu alanın 1mm'den büyük olması anlamlı olarak kabul edilmiştir (Şekil 2.21) (121). Farklı yayınlarda bu değerin 2 mm olarak kabul edilebildiğini de görmekteyiz (122). Sporcunun gelecek dönem

semptomatik olup olmayacağı sorusunu inceleyen araştırmalara power doppler aktivasyon gibi hipoekoik alanlar da konu olmuştur. Power dopplerden farklı olarak, hipoekoik alanların da ilişkili olduğunu gösteren çalışmalar olduğu gibi tam tersini işaret eden çalışmalar da mevcuttur (3).

2.2.3.2. Patellar Tendon ve Shear-Wave Elastografi Çalışmaları

Son 10 yılda tendonlar elastografi çalışmalarına sıkça konu olmuştur (105). Bu çalışmaların çoğunu düşük sayılı denek gruplarında yapılan çalışmalar oluşturmaktadır. En çok ele alınan ve daha büyük insan gruplarında yapılan çalışmalar aşil tendonu ve patellar tendon ile ilgili olan çalışmalardır. SWE'nin nispeten yeni bir teknik olması ve ölçümler arasında popülasyon, cihaz ve yöntem farklılıkları olması nedeniyle elde edilen sonuçlar çalışmadan çalışmaya bariz farklılıklar gösterebilmektedir. Bu yüzden birçok anatomik yapının elastik modülüs değeri net ve standart bir değer üzerinden irdelenememektedir (7).

Bu alanda yapılan çalışmalar öncelikli olarak tendonların bazal değerlerinin ölçümlerine, bu yöntemin tutarlı olup olmadığına ve yaşla ilgili değişip değişmediğine dair araştırmalara odaklanmıştır (7). Arda ve ark. (123) yaptıkları çalışmada aşil tendonu normal olan bireylerin ortalama shear-wave elastik modülüs değerlerini uzun planda 74.4±45.7, kısa planda 51.5±25.1 kPa olarak bulmuşlardır. Bu çalışmada elastik modülüs değerlerinin kadın erkek cinsiyet arasında anlamlı olarak farklı olduğunu ve erkek cinsiyette tendonun daha sert olduğunu; fakat yaşla birlikte değişmediğini ifade etmişlerdir. Bir başka çalışmada ise Chen ve ark. (124) normal aşil tendonu elastik modülüs değerini ortalama 291.91±4.38 kPa olarak bulurken, aşil tendonu rüptürü olan grupta bu değeri 56.48±68.59 olarak bulmuşlardır. Dirrichs ve ark. (125) yaptığı bir başka çalışmada ise atletik grupta ortalama aşil tendonu sertlik değerini 183.8 kPa±98 kPa, atletik olmayan popülasyonda ise 103.6 kPa±30.5 kPa olarak görüntülemişlerdir. Literatürdeki çalışmalardan elde edilen bu heterojen sonuçların tam olarak cihazlar arası farklılıktan mı yoksa popülasyon özelliklerinden mi kaynaklandığı anlaşılamamıştır. Bu durum çalışmaların birbirleri ile kıyaslanmasını da zorlaştırmaktadır. Aşil tendonu ile ilgili yapılan farklı shear-wave tutarlılık çalışmalarında ise gözlem içi uyum değerlerini 0.54-0.93 aralığında (yeterli-mükemmel), gözlemciler arasında ise 0.58-0.9 (yeterli-mükemmel) aralığında bulmuşlardır (126-128). Gözlem içi ve gözlemler arası farklı operatörler ve operatörün kendi içindeki değerleri daha önce yayımlanmış yönergelere göre değerlendirilmiştir: 0.40'tan küçük, düşük güvenilirlik; 0.40-0.60 yeterli güvenilirlik, 0.60-0.75, iyi güvenilirlik ve 0.75'ten büyük, mükemmel güvenilirlik (129).

Patellar tendon ile ilgili yapılan çalışmalara baktığımızda Hsiao ve ark. (130) yaşla birlikte patellar tendon elastikiyet (diz 90 derece fleksiyonda) değerlerinin nasıl değiştiğini araştırmışlar, 20-30 yaş aralığında olan bireylerin ortalama SWE elastografi değerini 243.1±61.4, 40-50 yaş aralığındaki bireylerin değerini 238.7±73.7, 60-70 yaşındakilerin ise 176.2±45.9 bulmuşlardır. Bu gruplar kıyaslandığında 1. ve 2. grubunun değerlerinin 3. gruba göre anlamlı olarak yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bir başka çalışmada ise Kot ve ark. (131) sağlıklı bireylerde 30 derece diz fleksiyonunda yapılan ölçümlerde ortalama elastografi değerinin kullanılan ilgi bölgesi kutucuğunun (ROI) boyutu ile değişip değişmediğini incelemişlerdir. Ortalama SWE elastografi değerini 69.98±33.58 olarak bulmuşlar ve 1, 2 ve 3 cm'lik kutucuklar (ROI) arasında anlamlı fark olmadığını saptamışlardır. Zhang ve ark. (132) 30 derece diz fleksiyonunda aldıkları ölçümde sağlıklı bireylerdeki ortalama SWE değerini 131.87±18.11 olarak bulmuşlardır. Zhang ve ark. (133) yaptıkları bir başka çalışmada ise basketbol veya voleybol oynayan sporcuların sağlıklı sedanter bireylere göre daha yumuşak bir tendona sahip olduklarını tespit etmişlerdir.

Patellar tendonla ilgili SWE tutarlılık çalışmalarını incelediğimizde ise Taş ve ark.'nın (134) sağlıklı bireylerde yaptıkları çalışmada gözlemcinin kendi içinde tutarlılığını aynı gün içerisinde 0.91-0.92, farklı günlerdeki tutarlılığının 0.81-0.83; farklı gözlemcilerinin tutarlılığını ise 0.71 olarak bulmuşlardır. Bu değerleri yönerge ile incelediğimizde iyi ile mükemmel arasında değiştiğini görmekteyiz. Bir başka tutarlılık çalışmasında ise Porta ve ark. (135) gözlemcinin kendi ölçümlerindeki tutarlılığını 0.85-0.92, farklı gözlemcilerinin ise 0.65-0.79 olarak bulduklarını belirtmişlerdir. Sonuç olarak hem aşil hem patellar tendon için yapılan SWE tutarlılık çalışmalarının "minimum yeterli" seviyesinde tutarlı olduğunu görmekteyiz (126-128, 134, 135).

Tendonla ilgili yapılan tendinopati ve SWE çalışmalarına baktığımızda farklı tendonlarda farklı etkileşimler oluştuğunu görmekteyiz. Aşil tendonu ile ilgili yapılan çalışmalarda tendinopati sonrası SWE değeri azalırken, patellar tendon ile ilgili yapılan çalışmalarda SWE değerinin arttığını görmekteyiz (136-138). Bu durumun neden böyle olduğuna dair ise net bir açıklama yapılamamıştır. Prado-Costa ve ark. (139) tarafından yapılan derleme çalışmasında bu durumun patellar tendonun iki kemik arasında uzanan bir yapı olmasından ve çalışmalar arasında anatomik standardizasyonun olmamasından kaynaklı olabileceği ifade edilmiştir. Dirrichs ve ark. (140) yaptığı çalışmada SWE'nin tendinopati tanısındaki (aşil, patellar, epikondil) duyarlılığının 0.81-0.87 aralığında, özgüllüğünün ise 0.88-1.00 aralığında değiştiğini bulmuşlardır. Bu değer aynı çalışmadaki gri skala ultrasona ve power doppler yöntemlerinin duyarlılığına ve özgüllüğüne

kıyasla anlamlı derecede yüksek olarak saptanmıştır. Bir başka çalışmada Zhang ve ark. (137) patellar tendinopatili bireylerin daha yüksek shear wave elastik modül değerine sahip olduklarını ve bu değerin algometre ile ölçülen pain pressure treshold ve VISA-P'deki fonksiyonel çıktıların ölçüldüğü (squat, lunge, merdivenden aşağı inme ve tek ayak sıçrama) testlerle pozitif korele olduğunu göstermişlerdir.

Yapılan bu çalışmalarda elde edilen verilere bakıldığında, tendon değerlendirmesinde ortalama bir elastik modülüs değerinden bahsetmek zordur. Bu durumun temel nedeninin kullanılan ultrason aletinden, incelenen popülasyonların farklı özelliklerinden, ölçümün yapıldığı şartlardan (oda sıcaklığı, ayak bileği, diz açısı vb.), anatomik farklılıklardan kaynaklı olduğu düşünülmektedir (7, 139). Bu nedenlerden dolayı ölçüm farklılıkları çalışmaların birbirleri ile kıyaslanmasını zor bir hale getirmektedir. Güncel derleme çalışmalarında da dile getirildiği gibi bu alanda daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Patellar tendon mekanik özelliklerinin klinik fonksiyonel testler, kuvvet değerleri ve ağrı ile ilişkisini incelemek amacıyla yaptığımız tez çalışmasının ve onun öncesinde ölçüm tutarlılığını değerlendirmek amacıyla yapılan ¨Patellar Tendonun Shear Wave Elastografi ile Değerlendirilmesinin ve Tendonun Mekanik Özelliklerinin Ölçümünün Güvenilirlik Çalışması¨nın ölçümleri İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Spor Hekimliği Anabilim Dalı'nda gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarımızın etik kurul onayı, İstanbul Üniversitesi İstanbul Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 12/08/2020 ve 17/08/2020 tarihli toplantılarında alınmış, 134599 ve 136990 sayılı karar formları ile tarafımıza iletilmiştir.

3.1. KATILIMCILAR

Çalışmaya, dahil edilme kriterlerini karşılayan 63 kadın sporcu alındı. Katılımcılar voleybol ve basketbol oynayan profesyonel sporculardır. Sezon öncesi dönemde 5 voleybol, 3 basketbol takımı ile iletişim kuruldu. Çalışmaya katılmayı kabul eden 3 voleybol ve 2 basketbol takımının aktif oynayan ve dahil edilme kriterlerine uygun olan sporcuları muayene edildikten sonra çalışmaya dahil edildi. 64 sporcunun hepsine daha önce planlanan tüm ölçüm yöntemleri uygulandı. 1 sporcu ölçüm döneminde oral kontraseptif kullanması nedeniyle çalışmadan çıkarıldı. Muayene sırasında patellar tendinopati dışında aktif şikâyeti olan 3 sporcu dahil edilmeme kriterleri nedeniyle çalışmaya alınmadı. Bu sporculardan 2 tanesi geçtiğimiz 6 ay içerisinde diz bölgesinden opere (ön çapraz bağ ve menisküs) olmaları sebebiyle ve 1 tanesi patellar tendonda parsiyel hasar olması sebebiyle çalışmaya dahil edilmedi. Sporcular ölçümlerin gerçekleştirileceği günün 1 gün öncesi antrenman yapmadı. Sporcuların yorgunluktan ve diğer ölçüm yöntemlerinden etkilenmemesi adına genel muayene, ultrason ve izokinetik cihazda izometrik kuvvet ölçümleri bir günde, sıçrama yüksekliği ve tek bacak squat değerlendirmeleri ise farklı bir günde gerçekleştirildi.

Çalışmaya dahil edilme kriterleri:

- 17-35 yaş aralığında ve kadın olması
- Çalışmaya gönüllü katılmış olması
- Alt ekstremitede aktif yaralanma öyküsünün olmaması veya yakın zamanda geçirmiş olduğu yaralanmadan tam iyileşmiş olması
- Profesyonel düzeyde aktif voleybol veya basketbol oynuyor olması

Çalışmaya dahil edilmeme kriterleri:

- Herhangi bir zaman diliminde meydana gelmiş patellar tendona ait kısmi veya tam yırtık öyküsü
- Diz bölgesinde yer alan kas, ligament ve menisküs gibi yapılarda son 6 ayda geçirilmiş yaralanma ve/veya operasyon hikayesi
- Herhangi bir zaman diliminde ön çapraz bağ operasyonu geçirmiş ve patellar tendon grefti kullanılmış olan sporcular
- Kronik hastalığa sahip olunması (diyabet, kalp hastalığı veya romatizmal hastalık vb.)
- Aktif oral kontraseptif kullanıyor olması
- Dizde veya çevre dokularda aktif enfeksiyon varlığı

Çalışmanın amacı ve içeriği bütün katılımcılara sözlü ve yazılı olarak bildirilmiştir. Tüm sporcular çalışmaya kendi özgür iradesi ile katılıp, 'Gönüllü Onam Formu'nu imzalamıştır.

3.2. VERİ TOPLAMA ARAÇLARI VE YÖNTEMLERİ

Çalışmada öncelikli değerlendirme yöntemi olarak ultrason shear wave elastografi kullanılmıştır. Bu değerlendirmeye ek ultrasonda patellar tendon kalınlığına, hipoekoik alanların varlığına ve power doppler aktivasyonuna bakılmıştır. Ultrason ölçümleri tamamlandıktan sonra sporcuların izokinetik kuvvet cihazında izometrik kuvvet değerlerine bakılmıştır. Bu değerlendirmelerden sonra başka bir gün sporculara sıçrama yüksekliği için counter-movement jump testi ve ağrı provokasyonu için eğimli zeminde tek bacak squat testi uygulanmıştır.

Spor hekimliğinde gerçekleştirilen değerlendirmelerin öncesinde, sporculardan önceki yaralanmalarının ve spor geçmişlerinin değerlendirilmesi için anamnez alınmış, sporcuların muayeneleri yapılmış ve akabinde onlara her iki alt ekstremite için VISA-P anketi doldurtulmuştur. Uygulanan tüm değerlendirmeler aşağıda detaylı olarak açıklanmaktadır.

3.2.1. DEMOGRAFİK ÖLÇÜMLER VE SPOR GEÇMİŞİ DEĞERLENDİRİLMESİ

Sporcuların boy ve kilo ölçümleri standart spor kıyafetleri ile birlikte ayakkabısız yapıldı. Ölçümler için Harpenden Stadiometer marka boy ölçer ve Tess marka tartı kullanıldı. Boy santimetre, kilo ise kilogram cinsinden kaydedildi.

Spor geçmişi değerlendirilmesinde daha önce patellar tendinopati çalışmalarında risk faktörü olarak değerlendirilebilen risk faktörleri sorgulandı (95). Sporcuların hangi sportif branştan olduğu ve pozisyonları not edildikten sonra; lisanslı spor yılı, haftalık antrenman saati, takım dışı bireysel antrenman saati ve dominant bacak bilgileri kaydedildi. Sporcuların mevkileri voleybol branşında, smaçör, pasör, pasör çaprazı, orta oyuncu ve libero olarak, basketbolda ise 1 numara (guard, oyun kurucu), 2 numara (şutör guard), 3 numara (kısa forvet), 4 numara (uzun forvet), 5 numara (pivot) olarak yazıldı. Haftalık antrenman saati, sporcuların takımla birlikte yaptığı taktik, teknik, dayanıklılık ve kuvvet antrenmanlarının tümünde yaptığı toplam saat, bu antrenmanlar haricinde eğer bireysel olarak antrenman yapıyorsa da spor dışı antrenman saati şeklinde kaydedildi. Dominant bacak sporcuların sıçrama için tercih ettikleri bacak olarak not edildi (141).

3.2.2. YARALANMA GEÇMİŞİ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu tez çalışmasında yaralanma tanımı, zaman kaybı tanımı bağlamında, bir sporcunun basketbol veya voleybol maçından veya antrenmanından kaynaklı olarak meydana gelmiş ve bir maçın veya antrenmanın tamamına katılmasına engel olan herhangi bir fiziksel şikayetini ifade edecek şekilde kullanılmıştır (142). Bu bağlamda sporculara özellikle son 2 sezonda meydana gelmiş ve maç veya antrenman kaçırmasına neden olmuş tüm yaralanmaları ve yaklaşık ne kadar süre spordan uzak kaldıkları soruldu ve cevaplar kaydedildi. Sporculara, özellikle bazı minör yaralanmaları hatırlamakta güçlük çekebilecekleri düşünülerek, alt ekstremiteye ait en sık görülen yaralanma örnekleri hatırlatılarak aynı soru tekrar soruldu. Ayrıca sporcuların geçirmiş oldukları (özellikle son 2 yılda alt ekstremiteden geçirilen) operasyonlar kaydedildi. Bu sorulardan sonra tezin konusu olan patellar tendinopati için ayrı bir sorgulama yapıldı. Daha önce özellikle diz ekstansör mekanizmasının kullanıldığı aktiviteler sırasında veya sonrasında diz ağrılarının olup olmadığı, günlük hayatta özellikle merdiven inme, çömelme gibi hareketlerde bu şikayetlerin devam edip etmediği soruldu. Bununla beraber son bir yılda bir doktor tarafından görüntüleme ile desteklenen veya klinik olarak tanı konulmuş patellar tendinopati vakaları kaydedildi. Muayenede ise palpasyon sırasında patellanın alt polünde hassasiyet varlığına ve eğimli zeminde tek bacak squat testine bakıldı. Bu testlerde ağrısı olan sporcular anamnez bilgileri ile de değerlendirilerek kaydedildi. Son bir yılda sağlık ekibi tarafından patellar tendinopati tanısı alan fakat spor hekimliğindeki anamnez ve muayene sırasında aktif şikâyeti olmayan sporcular ayrıca kaydedildi.

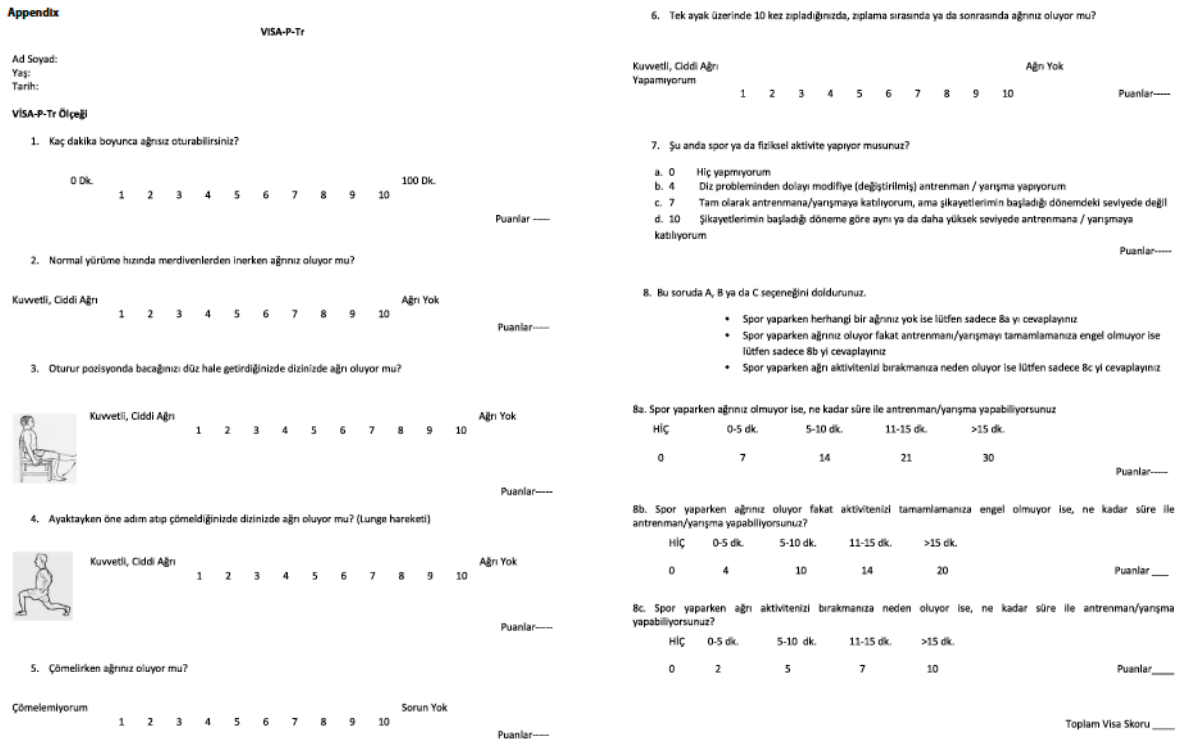
3.2.3. VISA-P ANKETİ

Bir sporcu hariç (yabancı olması nedeniyle) tüm sporculara muayeneden önce Türkçe Victorian Institute of Sport Assessment-Patellar Tendinopathy (VISA-P) anketi doldurtuldu (Şekil 3.1). Anket, patellar tendinopatisi olan sporcuların fonksiyonel profillerinin tayini, patellar tendinopatiye bağlı oluşan diz ağrısının şiddetinin belirlenmesi ve patellar tendinopatinin objektif klinik yönetim için 1998 yılında Visentini ve ark. tarafından üretilmiştir (87). Anket 8 sorudan oluşmaktadır. Toplam 100 puan üzerinden değerlendirilmekle birlikte, 0 en düşük puanı ve kötü sonucu, 100 ise tam puanı ve en iyi sonucu ifade eder. İlk 6 soru sırası ile oturma, merdiven inme, bacağı düz uzatma, lunge, squat ve tek ayak üzerinde sıçrama hareketlerindeki ağrıyı sorgular. Bu sorularda sporcudan şikayetlerini 0 ile 10 arasında puanlaması istenmektedir. 10 ağrının olmadığını, 0 ise ciddi ağrıyı tanımlamak için kullanılmıştır. 7. soru 4 alt maddeden oluşur ve antrenman sırasındaki şikayetlerin boyutunu sorgular. 0 puan yine en düşük fonksiyonel çıktıyı 10 ise tam fonksiyonel kapasiteyi işaret eder. Son soru ise spor yaparken olan şikayetleri sorgulamak için üretilmiştir. 3 alt sorudan şikayetlere göre sadece bir tanesinin cevaplanması istenir. Bu soruda maksimum 30, minimum 0 puan alınabilir. Anketin ortalama doldurulma süresi 2-3 dakikadır.

Düşük skor Wilgen ve ark. (143) tarafından 80 puan ve altı; Mendonça ve ark. (85) tarafından 88 puan ve altı olarak belirlenmiştir. Mendonça ve ark. bu değerin altında alınan skorun patellar tendinopati tanı riskini klinik değerlendirmeye göre 2.1 kat arttırdığını göstermişlerdir. Bu değer bizlere hafif risk artışını bizlere ifade etmektedir. Bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda VISA-P'nin patellar tendinopati tanısında uygun bir anket olmadığı kanısı oluşmuştur (1), yine de bu anket patellar tendinopatili sporcuların rehabilitasyon takiplerinde önemli bir yere sahiptir. Yapılan çalışmalarda fonksiyonel değişkenlik için minimum tespit edilebilir değişim puanı 11, ağrı için klinik önemli değişim puanı ise 13 olarak bulunmuştur (88). Asemptomatik bireyler sıklıkla 80-100 puan aralığında skorlanırken, patellar tendinopatisi olan sporcuların sıklıkla 50-75 puan arasında skorlandığı çalışmalarca gösterilmiştir (143).

Anketin İngilizceden Türkçeye geçerlilik çalışmasını Çelebi ve ark. (89) 2016 yılında gerçekleştirmişlerdir. 89 kişilik bir popülasyonda yapılan çalışmaya, 31 sağlıklı, 34 patellar tendinopatili birey ve 24 voleybolcu dahil edilmiştir. VISA-P'nin test yeniden test güvenilirliği iyi derecede (Cronbach'ın alfa değeri: 0.79 ve 0.78, ICC 0.96) bulunmuştur. Sağlıklı bireylerdeki ortalama skor 94, voleybolcularda 81 ve patellar tendinopatisi olanlarda 59 olarak tespit edilmiştir.

Bu sonuçlar doğrultusunda VISA-P'nin Türkçe kullanımının güvenilir, tutarlı ve geçerli olduğu gösterilmiştir.



Appendix

VISA-P-Tr

Ad Soyad:
Yaş:
Tarih:

VİSA-P-Tr Ölçeği

1. Kaç dakika boyunca ağrısız oturabilirsiniz?

0 Dk. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 100 Dk.

Puanlar -----

2. Normal yürüme hızında merdivenlerden inerken ağrınız oluyor mu?

Kuvvetli, Ciddi Ağrı 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Ağrı Yok

Puanlar-----

3. Oturur pozisyonda bacağınızı düz hale getirdiğinizde dizinizde ağrı oluyor mu?

Kuvvetli, Ciddi Ağrı 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Ağrı Yok

Puanlar-----

4. Ayaktayken öne adım atıp çömeldiğinizde dizinizde ağrı oluyor mu? (Lunge hareketi)

Kuvvetli, Ciddi Ağrı 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Ağrı Yok

Puanlar-----

5. Çömelirken ağrınız oluyor mu?

Çömelemiyorum 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Sorun Yok

Puanlar-----

6. Tek ayak üzerinde 10 kez zıpladığınızda, zıplama sırasında ya da sonrasında ağrınız oluyor mu?

Kuvvetli, Ciddi Ağrı Yapamıyorum 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Ağrı Yok

Puanlar-----

7. Şu anda spor ya da fiziksel aktivite yapıyor musunuz?

a. 0 Hiç yapmıyorum
b. 4 Diz probleminden dolayı modifiye (değiştirilmiş) antrenman / yarışma yapıyorum
c. 7 Tam olarak antrenmana/yarışmaya katılıyorum, ama şikayetlerimin başladığı dönemdeki seviyede değil
d. 10 Şikayetlerimin başladığı döneme göre aynı ya da daha yüksek seviyede antrenmana / yarışmaya katılıyorum

Puanlar-----

8. Bu soruda A, B ya da C seçeneğini doldurunuz.

- Spor yaparken herhangi bir ağrınız yok ise lütfen sadece 8a yı cevaplayınız
- Spor yaparken ağrınız oluyor fakat antrenmanı/yarışmayı tamamlamanıza engel olmuyor ise lütfen sadece 8b yi cevaplayınız
- Spor yaparken ağrı aktivitenizi bırakmanıza neden oluyor ise lütfen sadece 8c yi cevaplayınız

8a. Spor yaparken ağrınız olmuyor ise, ne kadar süre ile antrenman/yarışma yapabiliyorsunuz

Hİç	0-5 dk.	5-10 dk.	11-15 dk.	>15 dk.
0	7	14	21	30

Puanlar-----

8b. Spor yaparken ağrınız oluyor fakat aktivitenizi tamamlamanıza engel olmuyor ise, ne kadar süre ile antrenman/yarışma yapabiliyorsunuz?

Hİç	0-5 dk.	5-10 dk.	11-15 dk.	>15 dk.
0	4	10	14	20

Puanlar ___

8c. Spor yaparken ağrı aktivitenizi bırakmanıza neden oluyor ise, ne kadar süre ile antrenman/yarışma yapabiliyorsunuz?

Hİç	0-5 dk.	5-10 dk.	11-15 dk.	>15 dk.
0	2	5	7	10

Puanlar____

Toplam Visa Skoru ____

Şekil 3.1: Türkçe VISA-P anketi (89).

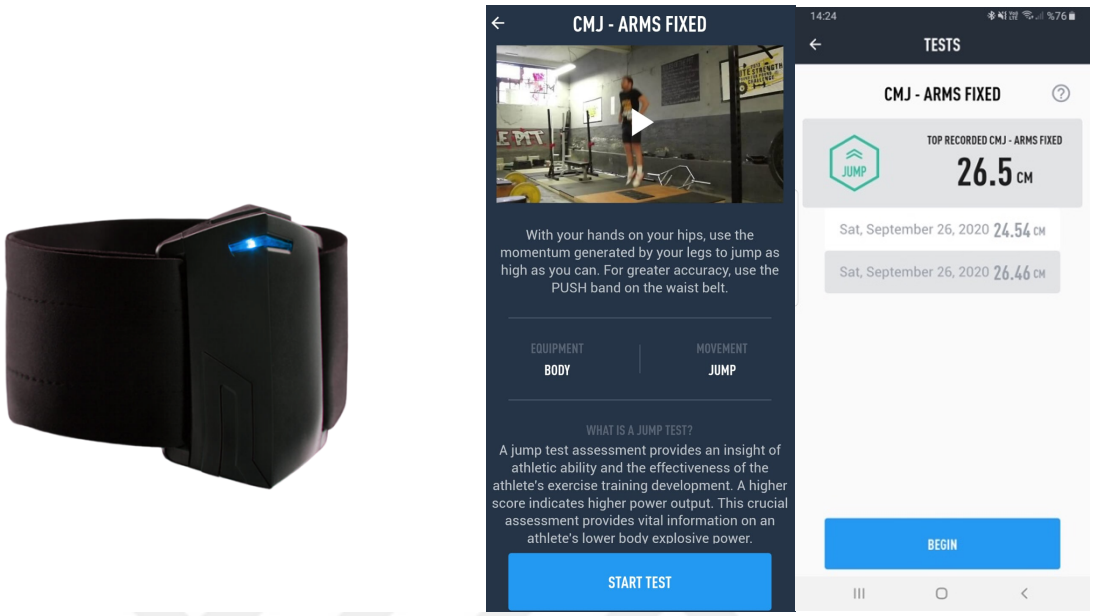
3.2.4. TEK BACAK SQUAT VE ZIPLAMA TESTLERİ

Tüm sporcular ultrason, izometrik kuvvet testi ve muayene gününden farklı bir günde eğimli zeminde tek bacak squat ve counter-movement jump testlerine tabi tutuldu. Testlere başlanmadan önce sporcuların daha iyi bir performans sergilemesi için ısınma programı uygulandı. Sporcular 5 kişilik gruplara ayrıldıktan sonra sırasıyla;

- 5 dakika jogging,
- 20 metre dinamik hamstring germe (10 tekrar),
- 20 metre dinamik kuadriseps germe (10 tekrar),
- World greatest stretch (5 tekrar),
- Derin squat ve uzanma 10 saniye her iki tarafa (1 tekrar)
- Counter-movement (10 tekrar)
- 5'er tane hafif sıçrama
- 5'er tane tek bacak sekme hareketlerini gerçekleştirdiler.

Isınmadan sonra sıçrama yüksekliği için sporcuların bel bölgesine bir kemer yardımı ile akselerometre (Push Band 2.0, Toronto, Canada) yerleştirildi. Sporculara test öncesi hareket örneklerle gösterilip 2 tekrar alıştırma sıçraması yaptırıldı. Örnekler sonrasında counter movement sıçrama hareketi, eller belde olacak şekilde ve 2-3 tekrar (ilk 2 ölçüm arasında %20'den fazla fark varsa 3. bir tekrar) halinde gerçekleştirildi. Her iki ölçüm arasında 30 saniyelik dinlenme periyodu verildi. Sıçrama yükseklikleri santimetre cinsinden kaydedildi.

Sıçrama yüksekliklerinin tayininde kullanılan Push Band (Şekil 3.2) 3 boyutlu akselerometre içeren 6 atalet sensörlü bir cihazdır. Gerçek zamanlı olarak sporcunun gerçekleştirdiği harekete dair hız, ivme, süre, mesafe ve reaktif kuvvet gibi bilgileri kablosuz iletişim sistemleri aracılığıyla bağlı olduğu cihaza (telefon, tablet, bilgisayar) gönderir. Bu sayede antrenman, müsabaka veya egzersiz sırasındaki performans verilerinin dijital ortamda saklı kalmasını ve gerçek zamanlı olarak görüntülenmesini sağlar (144). Bu sistemin sıçrama yüksekliği tayin özelliğinin güvenirliliği ve geçerliliği için 3 boyutlu hareket analiz sistemleri ve kuvvet platformu ile kıyaslaması yapılmıştır. Watkins ve ark. (145) Push Band 3 boyutlu hareket analiz sistemlerine kıyasladıkları çalışmada sıçrama yüksekliğini %10-15'lik; Steinman ve ark. (146) yaptıkları bir başka çalışmada ise kuvvet platformuna kıyasla %5'lik hata payıyla ölçüm yapabildiğini göstermişlerdir. Her iki çalışma da bu hata paylarının kabul edilebilecek sınırlarda olduğunu ifade etmiştir.



Şekil 3.2: Push Band akselerometre ve mobil aplikasyon (147).

Sporcular sıçrama testini gerçekleştirdikten sonra tek bacak squat testi için sözel ve görsel olarak bilgilendirildi. Bu testte sporcu 30 derece eğime sahip bir rampa üzerinde (Şekil 3.3) diz tam ekstansiyonda iken harekete başlar, sonrasında yapabildiği kadar diz fleksiyonu (minimum 30 derece) yaparak squat hareketini gerçekleştirir ve bu hareket 10 kez tekrarlanır. Hareket sırasında veya hemen sonrasında patellar tendon üzerinde meydana gelen ağrı kaydedilir. Ağrının şiddeti 0 ile 10 arasında puanlanır. Eğer sporcu 10 tekrarı tamamlayamaz ise kaçıncı tekrarda kaldığı ve neden devam edemediği bilgisi not edilir. 10 tekrar sırasında denge kaybına bağlı düşmelerde harekete baştan başlanır.



Şekil 3.3: 30 derece eğimli zeminde tek bacak squat testi.

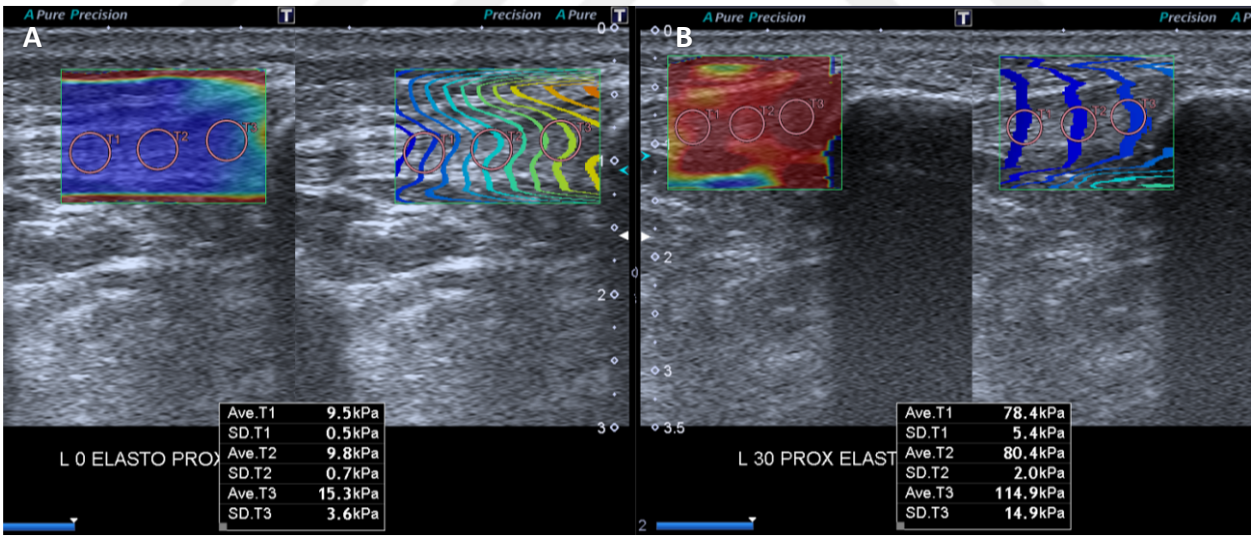
3.2.5. ULTRASON ÖLÇÜMLERİ

Tüm sporcuların ultrason ölçümleri bu alanda 2 yıl deneyimi bulunan bir klinisyen (SD) tarafından Toshiba Aplio 500 (Toshiba Medical Systems Corporation, Otawara, Japan) cihazı ile gerçekleştirildi. Bu ölçümler için 10 MHz (5-14 MHz) lineer prob kullanıldı. Tüm ölçümler oda sıcaklığında (23 °C) Aqua-sonic 100 ultrason jeli ile (Parker Laboratories Inc, Fairfield, New Jersey) yapıldı. Tüm sporcuların her iki patellar tendonu ultrason muayene masasında, nötralde ve supin pozisyonda, önce diz 0 derecede (tam ekstansiyonda) ve sonrasında yaklaşık 30 derece diz fleksiyonunda gerçekleştirildi. Diz açısının belirlenmesi için gonyometre kullanıldı. Dizi 30 derece fleksiyonda tutmak için diz altına 30 cm uzunluğunda ve 15 cm çapında silindirik bir yastık yerleştirildi. Tüm ölçümlerden önce sporculardan antrenmana 24 saat ara verilmesi istendi. Ultrason ölçümlerine başlanmadan önce sporcular, ultrason muayene masasında nötral pozisyonda 10 dakika dinlendirildi. Ölçüm sırasında baskıya bağlı değerlerin değişmemesi için prob cilt üzerinde yumuşak bir şekilde tutuldu ve bol miktarda ultrason jeli kullanıldı. Tüm ölçümler iki defa gerçekleştirildikten sonra bir sonraki incelemeye geçildi. Dizi pozisyonlandığımız tüm açı değişimlerinde (0 dereceden 30'a veya 30 dereceden 0'a) 5 dakikalık dinlenme gerçekleştirildi. Zaman kaybını minimuma indirmek için sağ diz 0 derecede ölçümlere başladıktan sonra sol diz 30

ve sonrasında sağ diz 30 derecedeki ölçüme geçildi, en son ölçüm sol diz 0 derecede gerçekleştirildi. Tüm açılardaki ölçümlere elastografi ile başlandıktan sonra sırasıyla kalınlık, ekojenite ve power doppler değerlendirmeleri yapıldı.

3.2.5.1. Shear Wave Elastografi Ölçümleri

Patellar tendonun mekanik özelliklerini değerlendirmek amacıyla shear wave elastografi kullanıldı. Prob, tendon üzerine longitudinal yerleştirildikten sonra tendonun 3 farklı noktasına (proksimali, ortası ve distali) dikdörtgen şeklinde; uzunluğu 1.5 cm kalınlığı 1.0 cm olan ilgi kutuları (ROI) yerleştirildi. Daha sonrasında bu kutular içerisine 0.3 cm çapında dairesel ROI konularak 5 saniye bekledikten sonra kPa cinsinden ölçüm gerçekleştirildi (Şekil 3.4./ Şekil 3.5). Bir önceki ölçüm ile bir sonraki ölçüm arasında yaklaşık %20 oranında fark varlığında veya cihaz, ölçüm alınan noktanın standart sapmasını diz 30 derece fleksiyonda 30'dan; diz 0 derecede iken 10'dan fazla verdiğinde 3. ve gerektiğinde 4. bir ölçüm alındı. Her bir tendondan 2 farklı açıda en az 12 görüntü (36 yuvarlak ROI), toplamda ise her iki ekstremiteden en az 24 shear wave elastografi görüntüsü (72 yuvarlak ROI) kaydedildi (138).



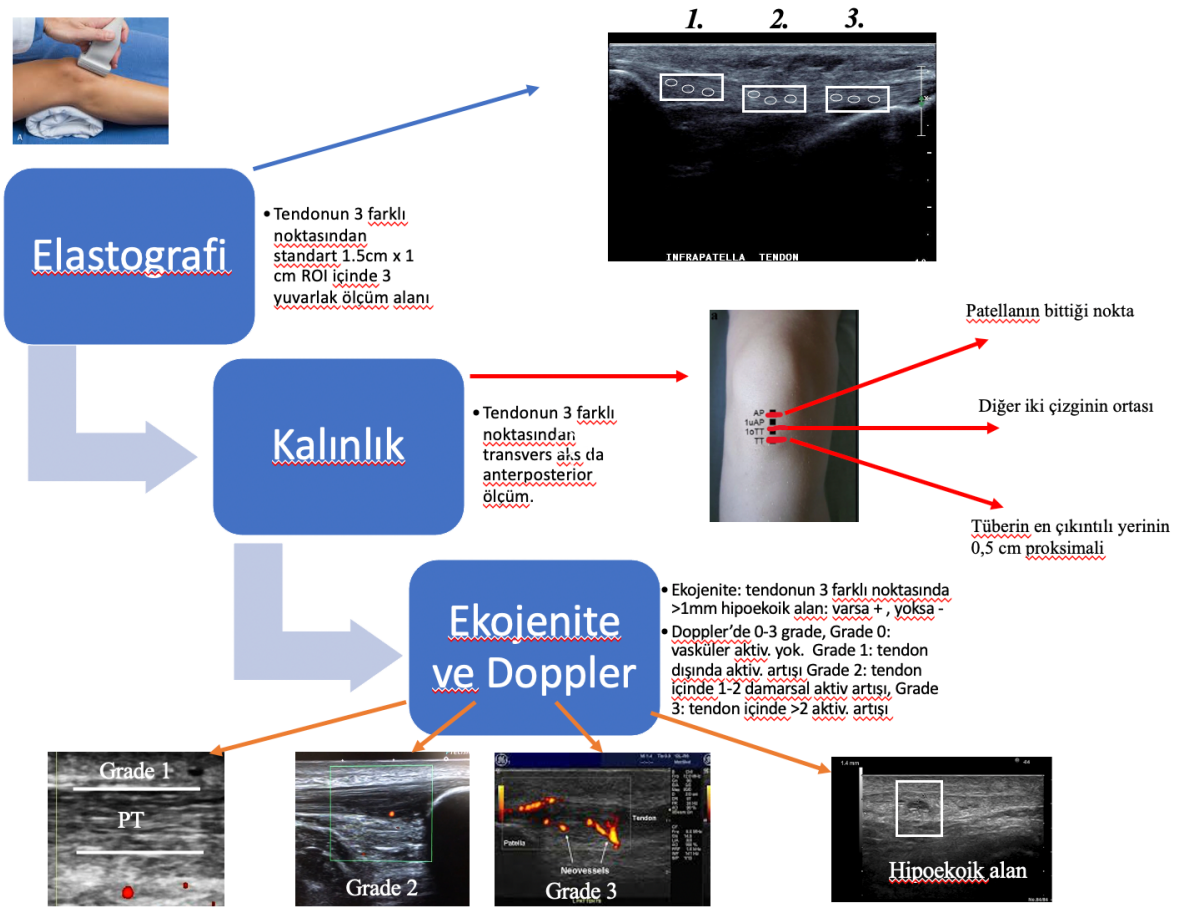
Şekil 3.4: Patellar tendondan alınan Shear-wave elastografi görüntüleri. A: 0 derecede tendonun proksimalinden alınan ölçüm, B: 30 derece diz fleksiyonunda tendonun proksimalinden alınan ölçüm.

3.2.5.2. Kalınlık Ölçümleri

Tüm sporcuların patellar tendon kalınlıkları gri skala ultrason görüntülemesinde, transvers planda anteroposterior olarak ölçüldü. Proksimalde patellanın hemen bittiği noktadan, distalde tuberositas tibianın en belirgin noktasının 0.5 cm proksimalinden, diğer ölçüm ise proksimal ve distal iki noktanın ortasından olmak üzere 3 farklı noktadan kayıt alındı. Her bir noktadan iki farklı ölçüm gerçekleştirildi (Şekil 3.5). Tendonun en kalın olduğu noktalardaki değerler kaydedildi. İki ölçüm arasında 0.5 mm'den daha fazla fark varlığında 3. bir ölçüm daha alındı (148).

3.2.5.3. Hipoekoik Alanlar

Tüm sporcuların patellar tendonunda meydana gelen ekojenik değişiklikler (hipoekoik alan) gri skala görüntülemede önce longitudinal sonra transvers planda değerlendirildi. Tendon 3 eşit parçaya ayrılarak 1/3 proksimal, orta ve distalde var olan, 1 mm'den büyük hipoekoik alanlar kaydedildi (Şekil 3.5) (121).



Şekil 3.5: Ultrason ile yapılan ölçümlerin şematik gösterimi.

3.2.5.4. Power Doppler Değerlendirmesi

Power doppler incelemesinde 0-3 dereceli sınıflandırma sistemi kullanıldı. Grade 0 için power doppler aktivasyonu mevcut olmayıp, Grade 1 için tendon dışında, Grade 2 için tendon içerisinde 1-2 noktada, Grade 3 için ise tendon içerisinde 3 veya daha fazla noktada aktivasyon artışının varlığı kabul edildi (Şekil 3.5) (102). Tendon diğer ölçümlere benzer şekilde proksimal, orta, distal şeklinde 3 parçaya bölündü ve bu bölgelerde mevcut olan power doppler değişiklikleri kaydedildi.

3.2.6. İZOMETRİK KUVVET TESTİ ÖLÇÜMLERİ

Sporcuların ultrason ile ölçümleri tamamlandıktan sonra Computer Sports Medicine, Inc. (CSMI) HUMAC/NORM marka dinamometrede izometrik kuvvet ölçümleri gerçekleştirildi. Sporcular kuvvet ölçümüne girmeden önce 7 dakika 40-60 rpm bisiklet sonrasında hamstring ve kuadriseps dinamik germe egzersizleri yaparak teste hazırlandılar. Diz ekstansiyon izometrik kuvvet ölçümleri 0 derecede ve 30 derecede olmak üzere 5 sn 1 tekrarlı izometrik kasılma sonrasında yine 5 sn'lik 1 tekrarlı maksimum izometrik kasılma olarak iki kere gerçekleştirildi (Şekil 3.6). Sporcuların testi öğrenmesi adına asıl ölçüm öncesi %50-60 oranında istemli kasılma ile iki örnek ölçüm yapıldı. İki test arasında 1 dakika dinlenme süresi verildi. Her iki ölçüm iki ekstremiteye ayrı ayrı uygulandı. Ölçüm sonucunda:

- Pik tork (Newton.Metre (Nm))
- Pik torkun vücut ağırlığına oranı (Newton.Metre/Kilogram (Nm/kg))
- Ortalama tork (Newton.Metre (Nm))
- Ortalama torkun vücut ağırlığına oranı (Newton.Metre/Kilogram (Nm/kg))
- Pik torka ulaşma süresi (Saniye) değişkenleri dikkate alınmıştır.



Şekil 3.6: İzometrik kuvvet ölçümü. A: 0 derecede alınan kuvvet ölçümü, B: 30 derece diz fleksiyonunda alınan kuvvet ölçümü.

3.2.7 TUTARLILIK ÇALIŞMASI

Tez çalışması öncesinde shear-wave elastografi yönteminin tutarlılığını değerlendirmek ve teze katkıda bulunmak amacıyla gerçekleştirilen 'Patellar Tendonun Shear Wave Elastografi ile Değerlendirilmesinin ve Tendonun Mekanik Özelliklerinin Ölçümünün Güvenilirlik Çalışması'nda 21 sedanter birey değerlendirilmeye alındı. Tez çalışmasının dışlanma kriterleri ile aynı kriterler kullanılmış olup dahil etme kriterlerinin cinsiyet kısmına ayrıca 'erkek' cinsiyet ve yaş kısmına '18-40 yaş' aralığındaki sedanter birey maddeleri eklendi. Bireylerin demografik bilgileri kaydedildikten sonra dışlanma kriterlerince sorgulanmaları ve muayeneleri gerçekleştirildi. Uygun olan bireyler en az 24 saat yoğun fiziksel aktivite veya egzersiz yapmamış olarak ultrason ölçümlerine alındı. Her bir katılımcı ultrason alanında 2 yıl deneyimleri bulunan 2 farklı klinisyen (Spor Hekimliği Anabilim Dalında Görev yapan) tarafından değerlendirildi. Katılımcıların sadece bir patellar tendonu (non dominant bacak) 0 derecede ve 30 derece diz fleksiyon açılarında değerlendirildi. Ultrason ile alınan ölçümlerde uygulanan kriterler tek ekstremitede olmak üzere yukarıda belirtildiği şekliyle uygulandı. Bireyler, ölçümler öncesi 10 dakika, her diz açısı için yapılan geçişlerde ise 5 dakika dinlendirildi.

Her iki klinisyen iki farklı açıda tendonun sırasıyla proksimalinden, ortasından ve distalinden shear wave elastografi, kalınlık, ekojenite ve power doppler görüntülemelerini gerçekleştirdi. Tüm değerlendirme yöntemlerinden en az 2'şer ölçüm yapıldı. 1 klinisyen iki farklı açıda toplamda shear wave için 12 görüntüleme (36 ROI), 24 gri skala ultrason (12 kalınlık, 12 hipoekoik alan) ve 12 power doppler görüntülemesi gerçekleştirdi. 1 katılımcının tüm ölçümleri tek gün içerisinde 2 klinisyen tarafından da gerçekleştirildikten 4 ile 7 gün sonra aynı ölçümler klinisyen sırası randomize olacak şekilde tekrar gerçekleştirildi.

3.3. İSTATİKSEL ANALİZ

Çalışmada elde edilen bulguların istatistiksel analizi SPSS (Statistical Package for Social Sciences) for Mac 21.0 programı ile yapıldı. Çalışma verileri değerlendirilirken tanımlayıcı istatistiksel metotlar (ortalama, standart sapma, sayı, yüzde vb.) kullanıldı. Normallik dağılımı Kolmogorov-Smirnov testi ile test edildi ve sonuca göre analiz non-parametrik yöntemler ile yapıldı. Klinik testler ile ultrason ölçümlerinin ilişki düzeyine Spearman Sıra Korelasyon Katsayısı ile bakıldı Patellar tendinopatisi olan ve olmayan grupların kıyaslanması Mann Whitney U ile gerçekleştirildi. Sonuçlar %95 güven aralığında, anlamlılık ise $p<0.05$ altında değerlendirildi.

4. BULGULAR

Çalışma için Eylül 2020 – Kasım 2020 tarihleri arasında kadın voleybol ve basketbol 1. ve 2. liglerinde yer alan 5 farklı takımdan toplam 67 sporcu ile görüşüldü. Gereç ve yöntem kısmında belirtilen tüm incelemeler 64 sporcuya uygulandı. 3 sporcu dışlanma kriterleri göz önüne alınarak çalışmaya alınmadı. 64 sporcudan 1 tanesi çalışma döneminde oral kontraseptif kullanması nedeniyle ölçümler sırasında çalışmadan çıkarıldı. Toplamda 63 sporcu 126 patellar tendon çalışmaya dahil edildi.

4.1. DEMOGRAFİK BULGULAR

Çalışmaya dahil edilen sporcuların yaş ortalaması 21.86 (Ss ± 4.46) yıldır. Sporcuların boy ortalaması 177.52 (Ss ± 8.14) santimetre, kilo ortalaması 65.37 (Ss ± 8.93) kilogram ve vücut kitle indekslerinin ortalaması 20.70 (Ss ± 2.05)'tir. Çalışmada yer alan bir sporcunun ortalama lisanslı olarak oynadığı basketbol veya voleybol süresi ortalama 10.11 (Ss ± 4.59) yıl, haftalık yaptığı antrenman saati 12.62 (SD ± 3.08) saat olarak bulunmuştur. Sporcuların demografik bilgileri tablo 4.1.'de özetlenmiştir.

	Ortalama	***Standart Sapma***	***Minimum***	***Maksimum***
Yaş (Yıl)	21.86	4.46	17	35
Boy (cm)	177.52	8.14	158.0	195.0
Kilo (kg)	65.37	8.93	47.0	96.0
VKİ (kg/m2)	20.70	2.05	16.46	25.85
Lisanslı Spor Yılı (Yıl)	10.11	4.59	2	21
Haftalık Antrenman Saati (Saat)	12.62	3.08	6	16

Tablo 4.1: Demografik bulgular (n=63).

Sporcuların 40 (%63,5) tanesi voleybolcu iken, 23 (%36,5) tanesi basketbolcudur. 55 (%87,3) sporcu sağ bacağı dominant sıçrama bacağı olarak kullanırken, 8 (%12,7) sporcu sol bacağını kullanmaktadır. Sporcuların branş, mevki ve dominant bacak özellikleri tablo 4.2.'de gösterilmiştir.

Spor Branşı (n, %)	Voleybol: 40 (%63,5) Basketbol: 23 (%36,5)
Mevki (n, %)	Pasör: 5 (%7,9) Pasör Çaprazı: 5 (%7,9) Orta Oyuncu: 11 (%17,5) Smaçör: 16 (%25,4) Libero: 8 (%12,7) Oyun Kurucu: 4 (%6,3) Şutör Guard: 2 (%3,2) Kısa Forvet: 7 (%11,1) Uzun Forvet: 3 (%4,8) Pivot: 2 (%3,2)
Dominant Bacak (n, %)	Sağ: 55 (%87,3) Sol: 8 (%12,7)

Tablo 4.2: Spor branşı, mevki ve dominant bacak dağılımı.

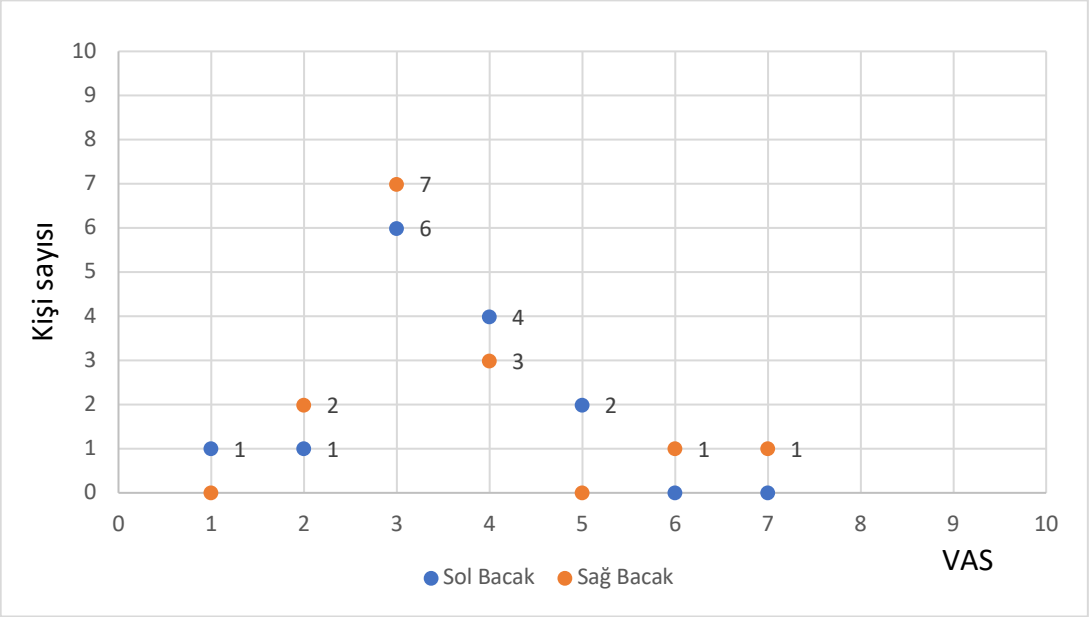
4.2. KLİNİK BULGULAR, ULTRASON VE KUVVET ÖLÇÜMLERİ

Çalışmaya katılan sporcuların 16'sında (%25,3) aktif veya son 1 yılda geçirilmiş patellar tendinopati varlığı tespit edildi. Patellar tendinopati hikayesi olan 13 (%20,6) sporcunun şikayetleri aktif devam ederken, 3 (%4,7) tanesinin rehabilitasyon sonrası şikayetlerinin devam etmediği görüldü. Voleybolcularda 9 (%22,5) kişinin, basketbolcularda ise 4 (%17,4) kişinin aktif şikâyeti olduğu tespit edildi. Şikayetlerin aktiflik düzeyi anamnez ve muayeneye göre belirlendi. Toplamda ise 126 patellar tendonda 22 (%17,5) patellar tendinopati vakası tespit edildi. Bunların 4 (%3,2) tanesi inaktif iken 18 (%14,3) tanesi aktif patellar tendinopati olarak kaydedildi. Patellar tendinopati vakaları tablo 4.3.'te özetlenmiştir.

	Toplam			***Aktif***			***İnaktif***		
Sporcu (n, %)	16 (%25,3)			13 (%20,6)			3 (%4,7)		
	Total	***Sağ***	***Sol***	***Total***	***Sağ***	***Sol***	***Total***	***Sağ***	***Sol***
Ekstremite (n, %)	22 (%17,5)	12 (%9,5)	10 (%8,0)	18 (%14,3)	9 (%7,1)	9 (%7,1)	4 (%3,2)	3 (%2,4)	1 (%0,8)

Tablo 4.3: Sporcu ve ekstremiteye göre aktif ve inaktif patellar tendinopati sayıları.

Eğimli zeminde tek bacak squat testinde sağ ve sol bacakta 14 kişinin ağrısı oldu, 49 kişinin ise ağrısı olmadı. Ağrısı olan sporcuların dağılımı şekil grafik 4.1.'te gösterildiği gibidir.



Grafik 4.1: Eğimli zeminde tek bacak squat testinde ağrısı olan sporcuların dağılımı.

Patellar tendinopati şiddetinin skorlaması için doldurulan VISA-P anketinin ortalama puanı sağ bacak için 91.2 (Ss ± 11.6), sol bacak için ise 91.9 (Ss ± 11.0) bulundu. Sporcuların ortalama sıçrama yüksekliği ise 26.7 (Ss ± 4.9) cm olarak hesaplandı. VISA-P ve sıçrama yükseklikleri Tablo 4.4.'te gösterildiği gibidir.

	Ortalama		***Standart Sapma***		***Minimum***		***Maksimum***	
Sıçrama Yüksekliği (cm) (n=63)	26.7		4.9		18.6		41.1	
	Sağ	***Sol***	***Sağ***	***Sol***	***Sağ***	***Sol***	***Sağ***	***Sol***
VISA-P (Sağ n=63, Sol n=63)	91.2	91.9	11.6	11.0	60	63	100	100

Tablo 4.4: Sıçrama yüksekliği ve VISA-P değerleri.

Tüm sporcular ultrason değerlendirmelerine katıldı; her iki diz, iki farklı açıda ve 3 farklı noktada incelendi. Sağ diz 0 derecede tendonun proksimal ortalama elastografi değeri 27.2 (Ss ±

16.2), orta kısım ortalama elastografi değeri 28.1 (Ss ± 13.6), distalde 36.9 (Ss ± 13.3), ortalama toplam 30.5 (Ss ± 12.7); 30 derece fleksiyonda sırasıyla proksimalde 121.5 (Ss ± 13.1), ortada 122.7 (Ss ± 21.0), distalde 115.8 (Ss ± 21.0), ortalama toplam tendon elastikiyeti 119.5 (Ss ± 15.6) kPa olarak bulundu. Sağ dize ait tendon kalınlık değerleri ise 0 derecede proksimalde 4.9 (Ss ± 0.9), ortada 4.0 (Ss ± 0.7), distalde 4.3 (Ss ± 0.7); 30 derece diz fleksiyonunda proksimalde 5.3 (Ss ± 0.8), ortada 4.3 (Ss ± 0.5), distalde 4.8 (Ss ± 0.6) milimetre olarak kaydedildi. Sağ patellar tendona ait shear wave elastografi verileri ve kalınlık değerleri Tablo 4.5.'te özetlenmiştir.

		Ortalama	***Standart Sapma***	***Minimum***	***Maksimum***
Sağ 0°	Proksimal SWE (kPa)	27.2	16.2	8.2	117.7
	Orta SWE (kPa)	28.1	13.6	9.4	103.5
	Distal SWE (kPa)	36.9	13.3	13.7	95.9
	Total SWE	30.5	12.7	13.3	105.7
	Proksimal Kalınlık (mm)	4.9	0.9	1.0	6.5
	Orta Kalınlık (mm)	4.0	0.7	0.0	5.9
	Distal Kalınlık (mm)	4.3	0.7	1.0	5.7
Sağ 30°	Proksimal SWE (kPa)	121.5	13.1	87.1	143.2
	Orta SWE (kPa)	122.7	21.0	58.3	152.0
	Distal SWE (kPa)	115.8	21.0	42.4	158.4
	Total SWE	119.5	15.6	76.8	144.9
	Proksimal Kalınlık (mm)	5.3	0.8	3.6	6.6
	Orta Kalınlık (mm)	4.3	0.5	3.2	6.0
	Distal Kalınlık (mm)	4.8	0.6	3.4	6.6

Tablo 4.5: Sağ patellar tendona ait SWE ve kalınlık değerleri (n=63). SWE: Shear-wave elastografi, kPa: Kilopascal, mm: milimetre.

Sol diz için ise 0 derecede tendonun proksimal ortalama elastografi değeri 30.5 (Ss ± 17.0), orta kısım ortalama elastografi değeri 29.3 (Ss ± 19.0), distalde 40.4 (Ss ± 18.7), ortalama toplam 33.2 (Ss ± 16.9); 30 derece fleksiyonda yine sırasıyla proksimalde 124.5 (Ss ± 14.7), ortada 127.5 (Ss ± 17.5), distalde 120.5 (Ss ± 19.3), ortalama toplam tendon elastikiyeti 124.2 (Ss ± 13.2) kPa olarak bulundu. Sol dize ait tendon kalınlık değerleri ise 0 derecede proksimalde 5.0 (Ss ± 0.7), ortada 4.0 (Ss ± 0.5), distalde 4.7 (Ss ± 0.6); 30 derece diz fleksiyonunda proksimalde 5.4 (Ss ±

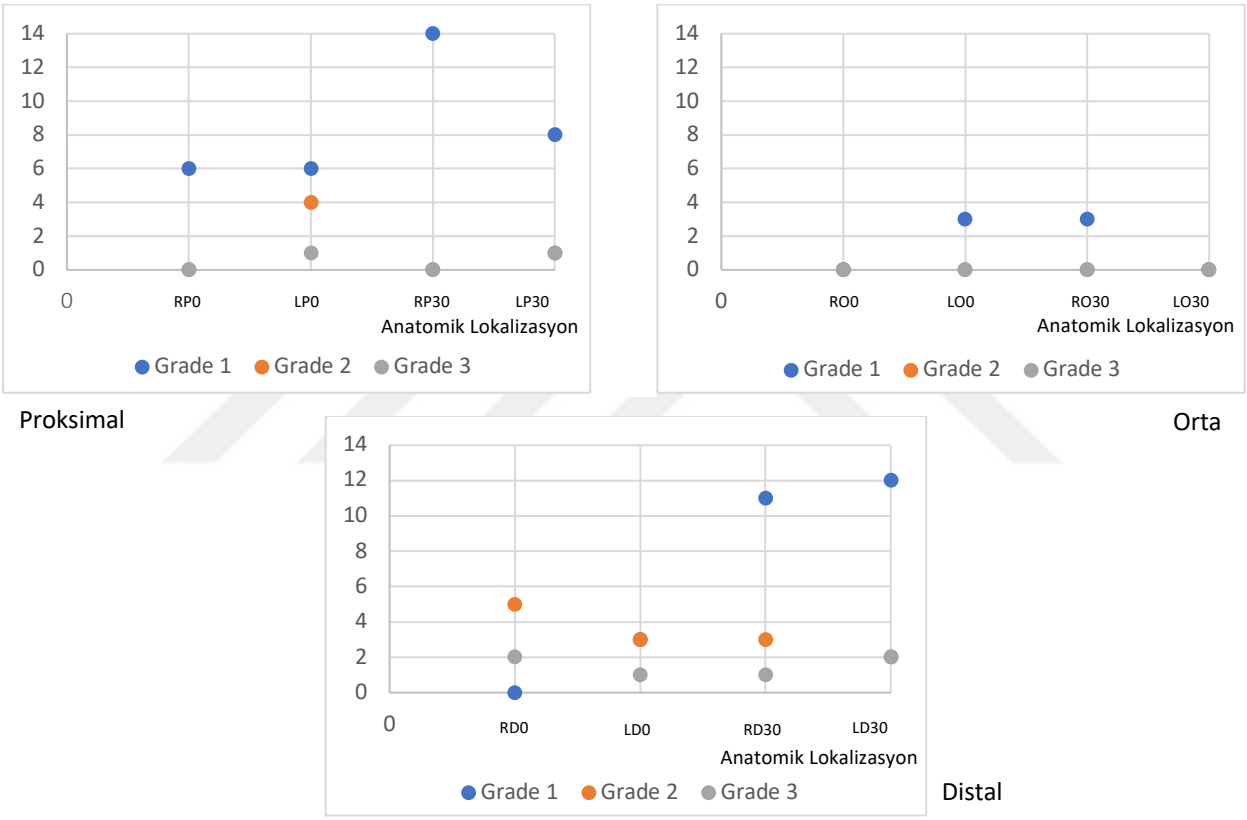
0.7), ortada 4.3 (Ss ± 0.6), distalde 4.7 (Ss ± 0.6) milimetre olarak kaydedildi. Sol patellar tendona ait shear wave elastografi verileri ve kalınlık değerleri Tablo 4.6.'da özetlenmiştir.

		Ortalama	***Standart Sapma***	***Minimum***	***Maksimum***
Sol 0°	Proksimal SWE (kPa)	30.5	17.0	9.2	120.4
	Orta SWE (kPa)	29.3	19.0	10.6	137.9
	Distal SWE (kPa)	40.4	18.7	15.5	131.6
	Total SWE	33.2	16.9	11.8	130.0
	Proksimal Kalınlık (mm)	5.0	0.7	3.6	6.7
	Orta Kalınlık (mm)	4.0	0.5	3.0	6.3
	Distal Kalınlık (mm)	4.2	0.5	3.2	6.0
Sol 30°	Proksimal SWE (kPa)	124.5	14.7	88.9	150.9
	Orta SWE (kPa)	127.5	17.5	81.0	159.0
	Distal SWE (kPa)	120.5	19.4	63.1	156.5
	Total SWE	124.2	13.2	85.8	147.7
	Proksimal Kalınlık (mm)	5.4	0.7	3.8	7.4
	Orta Kalınlık (mm)	4.3	0.6	3.2	6.4
	Distal Kalınlık (mm)	4.7	0.6	3.7	6.4

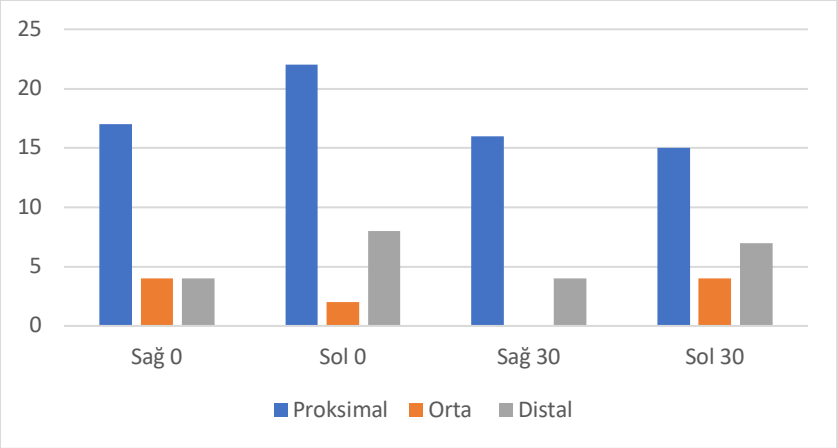
Tablo 4.6: Sol patellar tendona ait SWE ve kalınlık değerleri (n=63). SWE: Shear-wave elastografi, kPa: Kilopascal, mm: milimetre.

Sporcuların ekojenite değişimleri ve power doppler ultrason aktivasyonları incelendiğinde; sağ 0 derecede, proksimalde 6 (%9,5) sporcunun grade 1, distalde 5 (%7,9) sporcunun grade 2, 2 (%3,2) sporcunun ise grade 3; 30 derecede, proksimalde 14 (%22,2) sporcunun grade 1, ortada 3 (%4,8) sporcunun grade 1, distalde 11 (%17,5) sporcunun grade 1, 3 (%4,8) sporcunun ise grade 2 ve 1 (%1,6) sporcunun patellar tendonunda grade 3 power doppler aktivasyon artışı tespit edildi (Grafik 4.2). Sağ dizde 0 derecede alınan ölçümlerde sırasıyla proksimalde 17 (%27,0), ortada 4 (%6,3), distalde 4 (%6,3); 30 derecede alınan ölçümlerde ise proksimalde 16 (%25,4), ortada 0, distalde 4 (%6,3) sporcuda 1 mm'den büyük hipoekoik alan saptandı. Sol dize ait verilere bakıldığında 0 derecede, proksimalde 6 (%9,5) sporcunun grade 1, 4 (%6,3) sporcuda grade 2, 1 (%1,6) sporcuda grade 3; ortada 3 (%4,8) sporcunun grade 1; distalde 3 (%4,8) sporcunun grade

1, 3 (%4,8) sporcunun grade 2, 1 (%1,6) sporcunun ise grade 3; 30 derecede, proksimalde 8 (%12,7) sporcunun grade 1, 1 (%1,6) sporcunun grade 2 ve 3; distalde 12 (%19) sporcunun grade 1, 2 (%3,2) sporcunun ise grade 2 ve 2 (%3,2) sporcunun patellar tendonunda grade 3 power doppler aktivasyon artışı tespit edildi (Grafik 4.2). Sol dizde 0 derecede alınan ölçümlerde sırasıyla proksimalde 22 (%34,9), ortada 2 (%3,2), distalde 8 (%12,7); 30 derecede alınan ölçümlerde ise proksimalde 15 (%23,8), ortada 4 (%6,3), distalde 7 (%11,1) sporcuda 1 mm'den büyük hipoekoik alan saptandı (Grafik 4.3).



Grafik 4.2: Power doppler grade'lerinin ekstremite ve anatomik lokalizasyona göre dağılımı, RP: Sağ diz tendon proksimali, LP: Sol diz tendon proksimali, RO: Sağ diz tendon orta kısmı, LO: Sol diz tendon orta kısmı, RD: Sağ diz tendon distali, LD: Sol diz tendon distali; 0: 0 derece de alınan ölçümler, 30: 30 derece diz fleksiyonunda alınan ölçümler.



Grafik 4.3: Hipoekoik alanların ekstremite ve anatomik lokalizasyona göre dağılımı, 0: 0 derecede alınan ölçümler, 30: 30 derece diz fleksiyonunda alınan ölçümler.

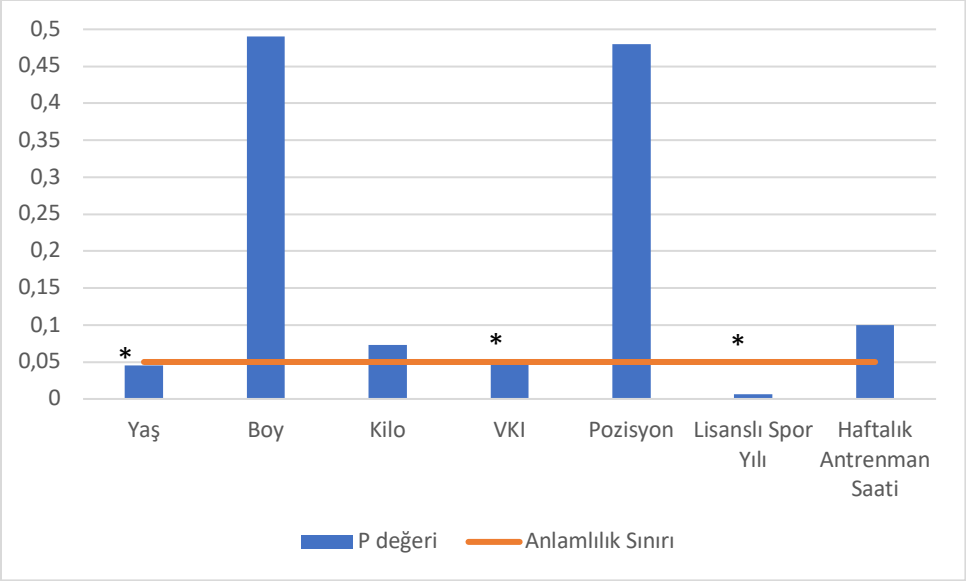
İzokinetik cihazda yapılan izometrik kuvvet değerlerinin dağılımına bakıldığında, sağ bacak için 0 derecede ortalama izometrik peak tourqe 69.9 (Ss ± 16.0) Nm, vücut ağırlığına göre ortalama peak tourqe 107.7 (Ss ± 23.3) Nm/kg, ortalama average torque 61.7 (Ss ± 14.3) Nm, vücut ağırlığına göre average torque 94.6 (Ss ± 21.1) Nm/kg; 30 derecede izometrik peak tourqe 135.8 (Ss ± 31.7) Nm, vücut ağırlığına göre ortalama peak tourqe 206.6 (Ss ± 42.9) Nm/kg, ortalama average torque 119.3 (Ss ± 28.1) Nm, vücut ağırlığına göre average torque 183.0 (Ss ± 38.5) Nm/kg olarak bulundu. Sol dizde yapılan ölçümlerde ise 0 derecede ortalama izometrik peak tourqe 68.4 (Ss ± 16.3) Nm, vücut ağırlığına göre ortalama peak tourqe 105.0 (Ss ± 22.9) Nm/kg, ortalama average torque 60.4 (Ss ± 14.9) Nm, vücut ağırlığına göre average torque 92.7 (Ss ± 21.0) Nm/kg; 30 derecede izometrik peak tourqe 131.5 (Ss ± 25.5) Nm, vücut ağırlığına göre ortalama peak tourqe 201.2 (Ss ± 39.6) Nm/kg, ortalama average torque 115.8 (Ss ± 24.0) Nm, vücut ağırlığına göre average torque 178.0 (Ss ± 35.1) Nm/kg olarak bulundu.

		Ortalama	*Standart Sapma*	*Minimum*	*Maksimum*
Sağ 0°	PeakTorque (Nm)	69.9	16.0	35.0	125.0
	PeakTorqueBW (Nm/kg)	107.7	23.2	63.0	182.0
	AverageTorque (Nm)	61.7	14.3	33.0	111.0
	AverageTorqueBW (Nm/kg)	94.6	21.2	57.0	167.0
Sağ 30°	PeakTorque (Nm)	135.8	31.7	47.0	209.0
	PeakTorqueBW (Nm/kg)	206.6	42.9	86.0	328.0
	AverageTorque (Nm)	119.3	28.1	35.0	180.0
	AverageTorqueBW (Nm/kg)	183.0	38.5	63.0	301.0
Sol 0°	PeakTorque (Nm)	68.4	16.3	34.0	118.0
	PeakTorqueBW (Nm/kg)	105.0	22.9	63.0	173.0
	AverageTorque (Nm)	60.4	14.9	31.0	106.0
	AverageTorqueBW (Nm/kg)	92.7	21.0	57.0	158.0
Sol 30°	PeakTorque (Nm)	131.5	25.5	73.0	190.0
	PeakTorqueBW (Nm/kg)	201.2	39.6	94.0	349.0
	AverageTorque (Nm)	115.8	24.0	53.0	175.0
	AverageTorqueBW (Nm/kg)	178.3	35.1	95.0	307.0

Tablo 4.7: Her iki diz için 0 ve 30 derecede alınan izometrik kuvvet değerleri (n=63). BW: Body Weight, Nm: Newton.metre, Nm/kg: Newton.metre/kilogram.

4.3. PATELLAR TENDİNOPATİSİ OLAN VE OLMAYAN SPORCULARIN KIYASLANMASI

Aktif patellar tendinopatisi olan sporcularla olmayan sporcuların demografik bilgileri kıyaslandığında, patellar tendinopatisi olan sporcuların yaşlarının olmayan sporculara göre daha ileri olduğu, vücut kitle indekslerinin ve lisanslı spor yıllarının ise daha fazla olduğu tespit edildi ($p<0.05$). Benzer şekilde son bir yılda patellar tendinopati geçirmiş tüm sporcuların (aktif olanlara inaktif sporcular da eklenince) ayrıca haftalık antrenman sayılarının da patellar tendinopati geçirmeyen sporculara göre daha fazla olduğu gösterildi ($p<0.05$). Boy, kilo, dominant bacak ve oynanan mevki gibi parametrelere baktığımızda ise iki grup arasında anlamlı farklılık saptanmadı ($p> 0.05$). Patellar tendinopatisi aktif olan sporcuların, patellar tendinopati geçirmemiş veya aktif olmayan sporcularla kıyaslandığı genel özellikler grafik 4.4'te özetlenmiştir.



Grafik 4.4: Patellar tendinopatisi olan ve olmayan sporcular kıyaslandığında anlamlı çıkan değerler. * < 0.05 p değeri.

Aktif patellar tendinopatisi olan dizlerin ultrason ve kuvvet özellikleri kıyaslandığında, sağ diz için VISA-P skorunun anlamlı olarak azaldığı, tek bacak squat testinde ağrının, 0 derecede alınan ölçümlerde distal elastografi ölçümlerinin ve proksimal ekojenite değişikliklerinin, 30 derecede alınan ölçümlerde ise proksimal elastografi, kalınlık, ekojenite değişikliklerinin anlamlı olarak arttığı tespit edildi ($p<0.05$). Sol diz için ise VISA-P skorunun anlamlı olarak azaldığı, tek bacak squat testinde ağrının, 0 derecede proksimalde elastografinin, ekojenitenin ve kalınlık miktarının; 30 derecede yine proksimalde elastografi ve ekojenitenin, distalde ekojenite ve kalınlık miktarının anlamlı olarak arttığı gösterildi ($p<0.05$). Patellar tendinopati olan her iki dize ait veriler kıyaslandığında her iki dizde VISA-P skorlarının azaldığı, tek bacak squat testinde ağrının arttığı, 30 derecede alınan ölçümlerde tendonun sertleştiği (elastografi değerinin arttığı) ve ekojenik değişikliklerin meydana geldiği belirlendi ($p<0.05$). Diğer parametrelerde ortak özellik saptanamadı. Ekstremite özelinde VISA-P, tek bacak squat testi ve ultrason özelliklerinin kıyaslaması tablo 4.8'de özetlenmiştir.

		Sağ Diz P değeri	*Sol Diz P değeri*
	VISA-P	**0,000.**	**0,000.**
	Squat	**0,000.**	**0,000.**
0°	Proksimal Elastografi	**0,037**	0,13
	Proksimal Ekojenite	**0,000.**	**0,004**
	Proksimal Kalınlık	**0,031**	0,443
	Distal Ekojenite	**0,036**	0,36
30°	Proksimal Elastografi	**0,000.**	**0,004**
	Proksimal Ekojenite	**0,000.**	**0,000.**
	Proksimal Kalınlık	0,212	**0,008**
	Distal Ekojenite	**0,036**	0,26
	Distal Kalınlık	**0,013**	**0,006**

Tablo 4.8: Patellar tendinopati olan tendonlarla olmayan tendonların kıyaslanması sonrası anlamlı çıkan özellikler; koyu değerler $p<0.05$.

Patellar tendinopati görülen olgulardaki kuvvet ve sıçrama değerleri, görülmeyen olgulardaki kuvvet ve sıçrama değerleriyle ekstremite bazında kıyaslandığında hiçbir parametrede anlamlı bir değişiklik saptanmadı ($p>0.05$).

Tüm değerler ekstremiteden bağımsız olarak incelendiğinde, patellar tendinopati görülen olgularda lisanslı spor yılının, haftalık antrenman saatinin ve tek bacak squat sırasında ağrının arttığı, VISA-P skorunun ise daha düşük olduğu tespit edildi. Yaş, boy, kilo, VKİ ve sıçrama yüksekliğinde anlamlı değişimlerin olmadığı gözlemlendi. Patellar tendinopati görülen olguların ultrason değerlendirmeleri patellar tendinopati olmayan olgularla kıyaslandığında tendonun proksimal kısmının 0 ve 30 derecede alınan ölçümlerinde, patellar tendonun daha sert ve kalın olduğu ve aynı zamanda hipoekoik değişikliklerinin daha fazla görüldüğü saptandı. Bu ölçümlerle birlikte 0 derecede distal ekojenitenin değiştiği, tendonun orta kısmının kalınlığının arttığı, 30 derecede yine distalden alınan ölçümlerde ekojenitenin değiştiği, bununla birlikte tendonun distal kalınlığının arttığı tespit edildi ($p< 0.05$). Doppler incelemelerde kuvvet ölçümlerinde olduğu gibi iki grup arasında herhangi bir açıda veya tendon lokalizasyonunda anlamlı bir değişiklik saptanmadı ($p> 0.05$).

4.4. PATELLAR TENDON MEKANİK ÖZELLİKLERİNİN KLİNİK TESTLER, KUVVET ÖLÇÜMLERİ VE AĞRI MİKTARI İLE KORELASYONU

Patellar tendonun her iki ekstremiteden elde edilen sertlik derecesi (kPa), kalınlığı (mm) ve doppler aktivasyonu (grade 0-3) ile uygulanan diğer incelemeler kıyaslandığında, 0 derecede tendon proksimalinin sertlik derecesinin VISA-P skoru ile zayıf derecede negatif korele, squat sırasında meydana gelen ağrı ile ise zayıf derecede pozitif korele olduğu; kalınlığının ise VISA-P skoru ile zayıf derecede negatif korele, peak tourque ile makul derecede pozitif korele ve vücut ağırlığına göre peak tourque ile ise zayıf derecede pozitif korele olduğu saptandı ($p<0.05$). Tendonun ortasından alınan ölçümler kıyaslandığında, sertlik derecesinin ve kalınlığının VISA-P skoru ile zayıf derecede negatif korele, ayrıca kalınlığının squat sırasındaki ağrı ile zayıf derecede pozitif korele olduğu gösterildi ($p<0.05$). Distalden alınan ölçümlere bakıldığında ise, sertlik derecesinin VISA-P skoru ile zayıf derecede negatif korele, kalınlığının squat sırasında meydana gelen ağrı ile ise zayıf derecede pozitif korele olduğu ve sıçrama yüksekliği ile yine zayıf derecede negatif korele olduğu saptandı. 0 derecede alınan ölçümlerin özellikleri Tablo 4.9'da özetlendi.

30 derece diz fleksiyonunda alınan ölçümler incelendiğinde, tendon proksimalinin sertlik derecesinin ve kalınlığının VISA-P skoru ile zayıf derecede negatif korele, squat sırasında meydana gelen ağrı ile ise makul derecede pozitif korele olduğu; kalınlığının ayrıca peak tourque ile zayıf derecede pozitif korele olduğu saptandı ($p<0.05$). Tendonun ortasından alınan ölçümler kıyaslandığında, sertlik derecesinin vücut ağırlığına göre peak tourque ile zayıf derecede pozitif korele olduğu gösterildi ($p<0.05$). Distalden alınan ölçümlere bakıldığında ise, sertlik derecesinin ve kalınlığının VISA-P skoru ile zayıf derecede negatif korele, kalınlığının squat sırasında meydana gelen ağrı ile ise makul derecede pozitif korele olduğu ve sıçrama yüksekliği ile yine zayıf derecede negatif korele olduğu saptandı. 30 derecede alınan ölçümlerin özellikleri Tablo 4.10'da özetlendi.

A) Proksimal	***VISA-P***	***Squat VAS***	***Sıçrama***	***Peak Torque***	***Peak Torque BW***
0° Sertlik	r= **-0.18***	r= **0.20***	r= 0.01	r= -0.07	r= -0.08
	P= **0.04***	P= **0.03***	P= 0.91	P= 0.44	P= 0.37
0° Kalınlık	r= **-0.18***	r= 0.11	r= 0.05	r= **0.34****	r= **0.26***
	P= **0.04***	P= 0.24	P= 0.6	P= **0.000****	P= **0.003****
0°Doppler	r= -0.01	r= -0.06	r= -0.02	r= -0.04	r= 0.06
	P= 0.92	P= 0.53	P= 0.82	P= 0.62	P= 0.54

B) Orta	***VISA-P***	***Squat VAS***	***Sıçrama***	***Peak Torque***	***Peak Torque BW***
0° Sertlik	r= **-0.18***	r= 0.16	r= -0.05	r= 0.11	r= 0.04
	P= **0.04***	P= 0.08	P= 0.55	P= 0.22	P= 0.67
0° Kalınlık	r= **-0.24***	r= **0.25***	r= -0.10	r= 0.13	r= -0.04
	P= **0.006****	P= **0.006****	P= 0.26	P= 0.14	P= 0.69
0°Doppler	r= 0.06	r= -0.08	r= -0.03	r= -0.08	r= -0.15
	P= 0.46	P= 0.36	P= 0.71	P= 0.38	P= 0.10

C) Distal	***VISA-P***	***Squat VAS***	***Sıçrama***	***Peak Torque***	***Peak Torque BW***
0° Sertlik	r= **-0,20***	r= 0.11	r= -004	r= -0.02	r= -0.10
	P= **0.03***	P= 0.21	P= 0.67	P= 0.80	P= 0.25
0° Kalınlık	r= -0.13	r= **0.21***	r= **-0.28***	r= 0.10	r= 0.05
	P= 0.14	P= **0.01***	P= **0.001****	P= 0.25	P= 0.61
0°Doppler	r= 0.06	r= 0.00	r= 0.07	r= -0.06	r= 0.06
	P= 0.49	P= 1.0	P= 0.47	P= 0.54	P= 0.51

Tablo 4.9: 0 derecede alınan ölçümlerin klinik testlerle ilişkisi. A) Tendon proksimalinden alınan ultrason ölçümlerinin diğer testler ile korelasyonu B) Tendonun orta kısmında alınan ultrason ölçümlerinin diğer testler ile korelasyonu C) Tendon distalinden alınan ultrason ölçümlerinin diğer testler ile korelasyonu. VAS: Vizüel Analog Skala, BW: Body Weight.

*P<0.05 anlamlılık düzeyi, ** P<0.01 anlamlılık düzeyi; r değeri 0.1-0.29* zayıf, **0.3-0.59 makul, ***0.6-0.79 orta, ****0.8-0.99 güçlü, *****1.0 mükemmel korelasyonu ifade etmektedir.

A) Proksimal	***VISA-P***	***Squat VAS***	***Sıçrama***	***Peak Torque***	***Peak Torque BW***
30° Sertlik	r= **-0.19***	r= **0.32****	r= 0.29	r= -0.05	r= 0.05
	P= **0.03***	P= **0.000****	P= 0.75	P= 0.60	P= 0.60
30° Kalınlık	r= **-0.2***	r= 0.16	r= -0.41	r= **0.19***	r= 0.10
	P= **0.02***	P= 0.07	P= 0.65	P= **0.03***	P= 0.25
30°Doppler	r= -0.03	r= -0.09	r= -0.01	r= 0.03	r= 0.12
	P= 0.78	P= 0.31	P= 0.92	P= 0.77	P= 0.15

B) Orta	***VISA-P***	***Squat VAS***	***Sıçrama***	***Peak Torque***	***Peak Torque BW***
30° Sertlik	r= 0.07	r= 0.15	r= 0.02	r= 0.00	r= **0.18***
	P= 0.42	P= 0.10	P= 0.80	P= 1.0	P= **0.04***
30° Kalınlık	r= -0.1	r= 0.09	r= -0.08	r= 0.13	r= 0.01
	P= 0.25	P= 0.30	P= 0.39	P= 0.15	P= 0.88
30°Doppler	r= -0.05	r= 0.05	r= 0.09	r= -0.07	r= -0.14
	P= 0.60	P= 0.55	P= 0.33	P= 0.45	P= 0.11

C) Distal	***VISA-P***	***Squat VAS***	***Sıçrama***	***Peak Torque***	***Peak Torque BW***
30° Sertlik	r= **-0.20***	r= 0.14	r= -0.02	r= -0.01	r= 0.17
	P= **0.02***	P= 0.12	P= 0.87	P= 0.91	P= 0.06
30° Kalınlık	r= **-0.24***	r= **0.30****	r= **-0.24***	r= 0.17	r= 0.01
	P= **0.006****	P= **0.001****	P= **0.007****	P= 0.06	P= 0.92
30°Doppler	r= 0.09	r= -0.07	r= -0.07	r= -0.10	r= 0.03
	P=0.32	P= 0.42	P= 0.41	P= 0.26	P= 0.74

Tablo 4.10: 30 derecede alınan ölçümlerin klinik testlerle ilişkisi. A) Tendon proksimalinden alınan ultrason ölçümlerinin diğer testler ile korelasyonu B) Tendonun orta kısmında alınan ultrason ölçümlerinin diğer testler ile korelasyonu C) Tendon distalinden alınan ultrason ölçümlerinin diğer testler ile korelasyonu. VAS: Vizüel Analog Skala, BW: Body Weight.

*P<0.05 anlamlılık düzeyi, ** P<0.01 anlamlılık düzeyi; r değeri 0.1-0.29* zayıf, **0.3-0.59 makul, ***0.6-0.79 orta, ****0.8-0.99 güçlü, *****1.0 mükemmel korelasyonu ifade etmektedir.

Ultrason dışı incelemelerin birbirleri ile olan ilişkisi değerlendirildiğinde, tek bacak squat sırasında meydana gelen ağrı miktarının yaş, VKİ (kg/m^2) ve lisanslı spor yılı (yıl) ile zayıf derecede pozitif korele olduğu gösterildi (Tablo 4.11).

	Yaş	***VKİ***	***Lisanslı Spor Yılı***	***Haftalık Antrenman***	***Peak Torque***	***Peak Torque BW***
VISA-P	r= 0.03	r= 0.01	r= -0.04	r= 0.01	r= 0.02	r= 0.08
	P= 0.78	P= 0.88	P= 0.66	P= 0.90	P= 0.86	P= 0.40
Squat VAS	r= **0.18***	r= **0.18***	r= **0.24***	r= 0.05	r= 0.04	r= 0.03
	P= **0.04***	P= **0.04***	P= **0.008****	P= 0.61	P= 0.68	P= 0.73
Sıçrama	r= -0.11	r= **-0.21**	r= -0.08	r= -0.08	r= -0.10	r= -0.09
	P= 0.21	P= 0.02	P= 0.40	P= 0.40	P= 0.25	P= 0.34

Tablo 4.11: Klinik testlerin ve VISA-P'nin diğer incelemelerle korelasyonu. VAS: Vizüel Analog Skala, VKİ: Vücut Kitle İndeksi, BW: Body Weight.

*P<0.05 anlamlılık düzeyi, ** P<0.01 anlamlılık düzeyi; r değeri 0.1-0.29* zayıf, **0.3-0.59 makul, ***0.6-0.79 orta, ****0.8-0.99 güçlü, *****1.0 mükemmel korelasyonu ifade etmektedir.

4.5. TUTARLILIK ÇALIŞMASI

Tez öncesi dönemde patellar tendon SWE ve kalınlık ölçümlerinin tutarlı olup olmadığını incelediğimiz çalışmanın sonuçlarına baktığımızda; 0 derecede alınan kalınlık ve sertlik ölçümleri ile 30 derecede alınan kalınlık ölçümlerinin güvenirlik derecesi, gözlemcilerin içinde yapılan değerlendirmede 0.75'ten büyük, mükemmel seviyede bulundu. 30 derecede alınan sertlik ölçümlerinde ise gözlemcilerin kendi içindeki tutarlılıklarının 0.60-0.82 aralığında, iyi – mükemmel aralığındaki seviyede olduğu gözlemlendi. Gözlemciler arası güvenirlik değerlerine bakıldığında tüm ölçümlerin 0.6'dan büyük olduğu (iyi-mükemmel aralığında) tespit edildi. Tutarlılık çalışmasına ait ICC rakamları tablo 4.12'de özetlenmiştir.

A)		***Proksimal***		***Orta***		***Distal***	
		Gözlemci 1	*Gözlemci 2*	*Gözlemci 1*	*Gözlemci 2*	*Gözlemci 1*	*Gözlemci 2*
0°	Intra ICC	0.88	0.76	0.80	0.85	0.93	0.84
	Inter ICC	0.84 – 0.87		0.71 – 0.74		0.84 – 0.87	
30°	Intra ICC	0.61	0.74	0.69	0.82	0.81	0.75
	Inter ICC	0.68 – 0.76		0.67 – 0.75		0.82 – 0.82	

B)		***Proksimal***		***Orta***		***Distal***	
		Gözlemci 1	*Gözlemci 2*	*Gözlemci 1*	*Gözlemci 2*	*Gözlemci 1*	*Gözlemci 2*
0°	Intra ICC	0.87	0.90	0.89	0.94	0.85	0.90
	Inter ICC	0.68 – 0.75		0.69 – 0.72		0.65 – 0.73	
30°	Intra ICC	0.85	0.92	0.91	0.83	0.94	0.95
	Inter ICC	0.66 – 0.76		0.70 – 0.83		0.81 – 0.82	

Tablo 4.12: 0 ve 30 derecede, iki farklı gözlemci tarafından alınan ölçümlerin gözlem içi (Intra Observer) ve gözlemciler arası (Inter Observer) ICC (Intraclass Correlation Coefficent) değerleri. A) Elastografi; B) Kalınlık. ICC: 0.40'tan az, düşük; 0.4-0.60 yeterli, 0.60-0.75, iyi ve 0.75'ten büyük, mükemmel güvenilirliği göstermektedir.

5. TARTIŞMA

Patellar tendinopati, patellar tendonda mekanik yüklenmeye bağlı olarak oluşan; ısrarcı ağrı, egzersiz toleransının azalması ve fonksiyonel kısıtlılıkla sonuçlanan aşırı kullanım yaralanmasıdır (1). Histolojik boyutta patoloji, yaralanma tamir mekanizmasının yaralanma yönünde zaman içerisinde kümülatif olarak ilerlemesiyle tendon yapısının dağınık, düzensiz ve kesikli bir hal almasıyla kendini gösterir (4). Bu durum klinik olarak tendona lokalize ağrı ve hassasiyet ile sonuçlanır. Sıçrama aktivitelerinin yoğun olduğu voleybol ve basketbol gibi sporlarda, elit seviyedeki sporcuların %45 (voleybol) - %32'sine (basketbol) kadar görülebildiği tespit edilmiştir (92). Cook ve ark. (79) patellar tendinopati nedeniyle sporcuların 1/3'ünün 6 ay içerisinde spora dönemediğini ve %18'inin ise en az bir yıl spora ara vermek zorunda kaldığını göstermişlerdir.

Patellar tendinopati tanısı, anamnezde tendona lokalize, yüksek enerji depolanımı ve salınımı gerektiren aktiviteler ile tetiklenen ağrının varlığı ve bu ağrının klinik muayene sırasında tek bacak squat testi gibi testlerle provoke edilmesi ile konulmaktadır. Provokasyon testlerinin yanı sıra VISA-P anketi de tanıya destek olmak ve klinik takibi objektif bir şekilde yapabilmek için kullanılmaktadır (1). Ayrıca günlük pratikte kas iskelet sistemi kliniklerinde MRI ve ultrason ile klinik tanı sıklıkla desteklenmeye çalışılmaktadır. Ultrasonun yeri şu an için sadece tendonda meydana gelen morfolojik değişiklikleri tespit ederek klinik tanıyı desteklemekle sınırlı kalabilmektedir (138). Bu değişiklikler genellikle tendonun proksimalinde lokal kalınlık artışı, hipoekoik değişiklikler ve power dopplerde kanlanma artışı olarak kabul edilmektedir (115); fakat bu gibi morfolojik değişiklikler özellikle sıçrama aktivitelerinin sık yapıldığı basketbol ve voleybol gibi spor branşlarındaki sporcuların %59'unda asemptomatik olarak tespit edilebilmektedir (3). Bu yüzden morfolojik ultrason değişiklikleri, klinik tanı, ağrı ve fonksiyon kaybı ile ilişkilendirme yerine sporcunun gelecekte patellar tendinopati kliniğinin oluşması adına risk faktörü olarak kabul edilmektedir (3). Bu yüzden özellikle son dekadda ağrı ve tendon fonksiyonundaki azalma ile ilgili alternatif görüntüleme yöntemlerine yönelinmiştir (138).

Shear-wave elastografi ultrasondan temel alan, dokuların mekanik özelliklerinin değerlendirildiği bir yöntemdir. Gri skala ultrason görüntülerine ek olarak yapısal değişikliklerin tendonun viskoelastik özelliğine nasıl etki ettiğini kantitatif olarak değerlendirmemizi sağlamaktadır (7). Bu yüzden tendon elastik yapısında meydana gelen değişikliklerin SWE ile kantitatif değerlendirilmesi tendonda meydana gelen ağrı ve fonksiyon kaybı ile ilgili gri skala ile

alınan görüntülere kıyasla daha net bir bilgi akışı sağlayabilir. Semptomatik olan ve olmayan sporcular arasında yapılan çalışmalar normal ve patolojik tendonların farklı mekanik özellikleri olduğuna dair umut vadeden sonuçlar ortaya koymuştur (122, 138, 149); lakin literatürde bu alanda özellikle patellar tendinopati ile ilgili çelişkili sonuçlar ortaya çıktığı görülmektedir (8). Tendondan alınan global (tendonun tümünün) ve lokal (belirli bir noktasının, çoğunlukla proksimal) ölçümler ile aynı zamanda değişik diz açılarında alınan ölçümler farklı sonuçlanabilmektedir. Sonuç olarak, patellar tendinopatide SWE özelliklerinin incelenmesi ve klinik testlerle ilişkisinin gözlemlenmesi için daha detaylı çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (8, 138). Tüm bu nedenlerden dolayı ¨Patellar Tendon mekanik özelliklerinin klinik fonksiyonel testler, kuvvet değerleri ve ağrı ile ilişkilisinin incelenmesi – Kesitsel Çalışma¨ isimli tez çalışmamızda iki farklı diz açısında tendonun farklı noktalarından alınan ölçümlerin değişkenliğinin ve bu durumun klinik testlerle ilişkisinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmamızın sonuçlarına göre, aktif patellar tendinopatisi olan 13 tane sporcu (18 ekstremite) (%20,6) tespit edildi. Patellar tendinopatisi aktif olan sporcular olmayanlar ile kıyaslandığında literatürdeki çalışmalara benzer şekilde VISA-P skorunun azaldığı, tek bacak squat testinde ise ağrının belirgin şekilde arttığı gösterildi. Patellar tendinopatisi olan sporcuların sporda lisanslı olarak daha fazla süre geçirdikleri, yaşça ileri oldukları ve VKİ'lerinin daha fazla olduğu istatistiksel anlamlılık düzeyinde gözlemlendi. Çalışmanın asıl amacı olan ultrason bulgularına göre, tendinopati görülen ekstremitelerde tendon SWE değerinin proksimal tendon bölgesinde anlamlı olarak arttığı, yani daha sert olduğu bulundu. Tendon sertliği ile tendonun özellikle proksimal bölgesinin kalınlığının arttığı ve hipoekoik değişikliklerin daha belirgin olduğu gözlemlendi. Bu bulguların 30 derecede alınan ölçümlerdeki anlamlılık değeri incelendiğinde 0 derecede alınan ölçümlere göre daha üstün olduğu çalışmamızda gösterildi. Bu değişimlere kıyasla kuvvet ve fonksiyonellikle ilişkilendirilen sıçrama testinde iki grup arasında belirgin bir farklılık saptanamadı. Korelasyon analizine bakıldığında, tendonun proksimal sertlik derecesi ile squat sırasında hissedilen ağrı miktarının makul seviyede pozitif korele olduğu, VISA-P skoru ile ise zayıf derecede negatif korele olduğu saptandı. Proksimal tendon kalınlığının ise 0 derecede makul seviyede, 30 derecede zayıf seviyede izometrik peak torque ve vücut ağrılığına göre peak tourque ile pozitif korele olduğu gösterildi. Tüm bu elde edilen veriler değerlendirildiğinde tendon proksimalinden alınan lokal ölçümlerin tendonun global değerlerinden bağımsız olarak klinik testlerle ve patellar tendinopatisi olan sporcularla istatistiksel anlamlılık düzeyinde ilişkili olduğu

gözlemlendi. Devam eden bölümde çalışmada elde edilen sonuçlar literatürle kıyaslanarak tartışılmıştır.

Çalışmaya katılan sporcuların %25,3'ünün (n=16) hayatlarının bir döneminde patellar tendinopati geçirdiği, %20,6'sının (n=13) ise şikayetlerinin aktif olduğu görüldü. Voleybolcularda patellar tendinopatiye bağlı aktif şikâyet oranının %22,5 (n=9), basketbolcularda ise %17,4 (n=4) olduğu gözlemlendi. Ekstremiteye göre aktiflik durumuna bakıldığından ise bu oranların sağ ve sol dizde aynı oranda (%7,1) mevcut olduğu tespit edildi. Literatürdeki prevelans çalışmalarına baktığımızda, elit seviyedeki sporcularda patellar tendinopati prevalansının %45'lere kadar çıkabildiği gösterilmiştir (92). Elit olmayan seviyedeki sporcularda ise bu oran %14,4 olarak bulunmuştur (91). Yine bu çalışmalarda tendinopati en çok voleybol ve basketbol branşlarında ve erkek sporcularda gösterilmiştir (91, 92). Rekreasyonel ve elit seviyedeki basketbol ve voleybolcuları içeren ve 2224 sporcunun katıldığı bir başka çalışmada ise erkeklerde %25, kadınlarda %13 oranında PT varlığı gösterilmiştir. Benzer şekilde voleybolcuların genelinde (%20) basketbolculara kıyasla (%15) daha sık PT olduğu gösterilmiştir (93). Tüm bu bahsedilen çalışmalar online anket ile sorgulama şeklinde gerçekleştirilmiş olup, Lian ve ark. (92) ve Zwerver ve ark. (91) anket sonrası patellar tendinopati şüphesi olan sporcuları fizik muayene ile değerlendirmeye almışlar, palpasyon ile patellanın inferiorunda ağrısı olan sporcuları patellar tendinopati olarak kabul etmişlerdir. Fonksiyonel testlerden ve görüntüleme yöntemlerinden yararlanılmamıştır. Bu çalışmalarda kadın voleybol ve basketbol oyuncularındaki spesifik prevalans belirtilmemiş olup tüm spor branşlarında erkek cinsiyete kıyasla kadınlarda daha az görüldüğü vurgusu yapılmıştır. Van der Worp ve ark. (93) bu durumun erkek cinsiyette 2 kat daha fazla görüldüğünü belirterek vurgulamıştır.

Üniversite seviyesindeki kadın voleybolculardaki PT prevalansının incelendiği başka çalışmalarda Hutchinson ve ark. (150) PT prevalansını %20,8, ekstremiteye göre PT prevalansını ise %13,2 olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada değerlendirme kriterleri arasında ultrason mevcut olup sadece patellar tendondan meydana gelen değişiklikler kaydedilmiştir. Şikayetlerin aktifliği veya herhangi bir dönemde mevcut olup olmadığı sorgulaması muayene ile desteklenmemiştir. Benzer şekilde Fazekas ve ark. (151) üniversite liginde oynayan kadın basketbol ve voleybolcuları incelemeye almış olup, sadece asemptomatik sporcuları ultrason ile incelemişlerdir. Voleybolcularda %16,7, basketbolcularda ise %50 civarında asemptomatik ultrason değişikliklerinin olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmaya alınan toplam denek sayısı ise 38'dir.

Literatürde yer alan tüm bu çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda elit seviyede anamnez, muayene ve ultrason incelemesi sonrası kadın sporculardaki patellar tendinopati prevalansının incelendiği herhangi bir çalışma ile karşılaşılmamıştır. Çalışmamızda elde ettiğimiz %20,3'lük oran erkek sporcuların dahil olduğu çalışmalara kıyasla daha düşük olup, PT'nin erkeklerde 2.1 kat daha fazla görüldüğü göz önünde bulundurulduğunda literatürü destekler bir sonuç olduğu çıkarımı yapılabilir (152). Benzer şekilde ultrason çalışmalarında kadın cinsiyette bu orana yakın değerler elde edilmiştir (150, 151).

Çalışmanın potansiyel risk faktörü olarak değerlendirilebilecek çıktılarına baktığımızda, patellar tendinopati görülen grupta VKİ'nin daha yüksek, yaşın daha ileri ve lisanslı spor yılının belirgin bir şekilde daha fazla olduğu gözlemlendi. Literatürde mevcut olan ve bu alanda yapılan çalışmaları incelediğimizde heterojen sonuçların mevcut olduğu görülmektedir. Sprague ve ark. (95) yaptıkları çalışmada haftalık antrenman saatinin ve sıçrama antrenmanı miktarının arttığı sporcularda daha fazla (OR:1.5) PT görüldüğünü, kilo ve VKİ'nin ise risk faktörü olmadığını belirtmişlerdir. 2017 yılında gerçekleştirilen bu meta-analiz çalışmasında, yapılan çalışma sayılarının az ve sonuçların heterojen olması nedeniyle bu faktörlerin sadece potansiyel risk faktörü olabileceği vurgusu yapılmıştır. 2017 yılında Morton ve ark. (153) tarafından yapılan vaka kontrol çalışmasında ise 27 yaşından büyük sporcularda PT prevalansının 1.37 kat, haftalık antrenman saati 10-20 arası olan sporcularda PT riskinin 2.78 kat arttığı tespit edilmiştir. Aynı çalışmada kilo ve VKİ'nin riski arttırmadığı ifade edilmiştir. Tiemessen ve ark. (154) ise sadece haftalık antrenman saatini inceledikleri derleme çalışmasında haftalık 12 saatten fazla antrenman yapan sporcularda PT riskinin arttığını (OR: belirtilmemiş) tespit etmişlerdir. Van der Worp ve ark. (152) 2011 yılında yaptıkları derleme çalışmasında, yaş ve toplam spor yılının riski arttırmadığını, bununla birlikte VKİ'nin ise bazı çalışmalarda riski arttırdığını (OR: belirtilmemiş) ifade etmişlerdir. Aynı grup, yaptığı kesit çalışmasında ise haftalık antrenman saati diğer kişilerden 5 saat fazla olan sporcularda riskin tekli regresyon analizinde 1.2 kat arttığı, çoklu regresyon analizinde ise etki etmediğini göstermiştir (93). Bu sonuçlar çalışmamızla kıyaslandığında, bir derleme çalışması hariç diğer çalışmaların aksine VKİ ve yaşın potansiyel risk faktörü olabileceği görülmüştür (152, 153); fakat çalışmamızda elde ettiğimiz anlamlılık değerlerinin 0,05'e oldukça yakın olduğu gözlemlenmiştir. Literatürde yer alan çalışmaların büyük çoğunluğunun heterojen sonuçlar içermesi, bu durumun çalışma gruplarının cinsiyet, spor branşı ve yarışma seviyesinin farklı olmasından kaynaklı olabileceğini düşündürtmektedir. Benzer şekilde haftalık antrenman

saatinin bizim çalışmamızda gruplar arasında değişkenlik göstermeme nedeninin katılan sporcuların %76,1'inin haftalık 12 saat veya daha fazla antrenman yapıyor olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz (154). Çalışmamızın lisanslı spor yılı verileri incelendiğinde, iki grup arasında anlamlı derecede fark saptanmıştır. Literatüre bakıldığında sadece 1 derleme çalışmasında lisanslı spor yılı risk faktörü olarak incelemeye alınmış olup bu derlemede 2 farklı çalışmanın sonuçları dahil edilmiştir. Yapılan analizde ise sonuçların yetersiz olduğu vurgusu yapılmıştır (152).

Çalışmamızda, patellar tendinopatinin klinik takibi ve hastaların gelişimi için pratikte en yaygın olarak kullanılan VISA-P skorları ve anamnez ile birlikte patellar tendinopati tanısında en güvenilir olabilecek sonuçları gösteren eğimli zeminde tek bacak squat testi sonuçları incelendiğinde, beklenildiği gibi patellar tendinopatisi olan ve olmayan gruplar arasında belirgin farklılıklar saptandı. Patellar tendinopatinin bulunduğu ekstremite sayısının toplamda 18 olması nedeniyle (<30) istatistiksel olarak gruplar arası farklılık dışında grupların ortalama ve standart sapma değerleri verilmemiştir (Tablo 4.8.). Bu durum çalışmamızın eksik yönlerinden birini oluşturmaktadır. Elde edilen farklılık göz önünde bulundurularak literatür incelediğimizde, Mendonça ve ark. (85) ultrason ile tanı alan patellar tendinopatili sporcuların anamnez, tek bacak squat ve VISA-P sonuçlarını inceledikleri çalışmalarında, patellar tendon ağrı hikayesinin pozitif olabilirlik oranını (+ likelihood ratio) 4.5, eğimli zeminde tek bacak squat testinin 4.2 ve son olarak VISA-P anketinin 2.1 olarak tespit etmişlerdir. Çalışmada VISA-P anketinin cut-off skoru 88 olarak belirtilmiştir. Çalışma ile ilgili en büyük eksiklik patellar tendinopati için altın standart tanı yönteminin gri skala ultrason incelemeleri üzerinden yapılmış olmasıdır. McAuliffe ve ark. (3) yaptıkları meta-analizde gri skala ultrason ile patellar tendonda hipoekoik alanları olan, kalınlığı artmış ve power doppler aktivasyonu gösteren fakat asemptomatik olan sporcu oranının voleybol ve basketbol gibi branşlarda %59'a kadar çıkabildiğini ifade etmişlerdir. Aynı çalışmada ultrasonda patellar tendon patolojisi gösterilen 59 sporcunun 9'unda (%15) gelecek senelerde patellar tendinopati kliniğinin gelişebileceği ifade edilmiştir. Bu durum için relatif risk 4.35 olarak tespit edilmiştir. Gri skala ultrason ile elde edilen görüntüler patellar tendinopati için risk faktörü olarak kabul edilmekle birlikte sporcuların asemptomatik olabileceği ve patellar tendinopati klinik tanısının anamnez ve muayeneden bağımsız olamayacağı unutulmamalıdır. Eğimli zeminde tek bacak squat sırasında meydana gelen ağrının lokalizasyonu ve gri skala ultrason parametrelerinin incelendiği bir başka çalışmada Coombes ve ark. (155), ağrının patellar tendon üzerinde meydana

geldiği sporcularda, ultrasonda tendon kalınlığının ve kesit alanının diğer sporculara kıyasla artmış olduğunu tespit etmişlerdir. Zwerver ve ark. (156) yaptıkları biyomekanik çalışmasında, diğer çalışmaları destekler sonuçlara ulaşmışlardır. 15 dereceden fazla eğimli zeminin kullanıldığı durumlarda patellar tendona binen yükün %40'tan fazla arttığını, squat sırasında ise 60 dereceden fazla diz fleksiyon açısında patellar tendon yerine yükün patellofemoral ekleme daha fazla bindiğini göstermişlerdir. Bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda eğimli zeminde yapılan tek bacak squatta meydana gelen ağrının bizim çalışmamızda her iki grup arasında anlamlı düzeyde farklı olması sürecin doğal bir sonucudur. Testin literatürdeki yeri itibari ile patellar tendinopati tanısında kullanılması klinik öneme sahiptir.

VISA-P ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında, daha önce belirtidiği gibi (Mendonça ve ark. (85)) 88 puandan daha düşük skor alan bir sporcunun patellar tendinopati olma ihtimali ultrason baz alındığında 2.1 kat artmaktadır. Bu durum hafif düzeyde risk artışını ifade eder. Kulig ve ark. (157) yaptıkları çalışmada profesyonel düzeyde voleybol oynayan sporcuları patellar tendon bölgesinde ön diz ağrısı olan ve diğer bölgelerde diz ağrısı olan sporcular olmak üzere iki gruba ayırıp, herhangi bir şikayeti olmayan sporcular ile kıyaslamışlardır. Bu çalışmada PT'ye sahip sporcuların 66.4 puan ile en düşük skora sahip olduğu, diğer bölgelerde diz ağrısı olan sporcuların ise 72.33 puan ile PT grubuna oldukça yakın olduğunu göstermişlerdir. Aynı çalışmada asemptomatik olan grubun ise puanının 88.7 olduğu gösterilmiştir. Benzer şekilde Hannington ve ark. (158) profesyonel basketbol oynayan sporcularda yaptıkları çalışmada, patellar tendon bölgesinde lokal ağrısı olanlarda VISA-P skorunun 74.7, genel diz ağrısı olanlarda ise 77.7 olarak bulmuşlardır. Diğer çalışmaya benzer şekilde diz ağrısı olmayan sporcularda ise skor 89.7 olarak tespit edilmiştir. Ultrasonun dahil edildiği çalışmalarda, şikayeti olsun veya olmasın gri skala ultrasonda pozitif bulguları olan sporcularda VISA-P skoru 80.8, bulgusu olmayan sporcularda ise 93.5 olarak tespit edilmiştir (151). Breda ve ark. (138) yaptıkları SWE çalışmasında asemptomatik grubun dahil edilme kriterlerinden birini VISA-P skoru 100 olacak şekilde planladıktan sonra, semptomatik grubun ortalama VISA-P skorunu 55 olarak tespit etmişlerdir. Anketin ilk olarak düzenlendiği ve literatüre sunulduğu çalışmada ise asemptomatik bireylerde ortalama skor 95, patellar tendinopatisi olan bireylerde ise 55 olarak bildirilmiştir (87). Son olarak VISA-P anketinin Türkçe geçerlilik çalışmasında Çelebi ve ark. (89) sağlıklı sedanter bireylerde ortalama skoru 94, voleybolcularda 81, PT'li bireylerde ise 59 olarak bulmuşlardır. Tüm bu sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda çalışmamızda, PT olan ve olmayan gruplar arasında VISA-P sonuçlarının

anlamlı olarak farklı bulunması beklenilen sonuç olarak değerlendirilmiştir. VISA-P'nin ise patellar tendinopati tanısında kullanılması tanıyı zayıf derecede desteklemektedir. Bu durumun temel nedeni herhangi bir diz bölgesinde ağrısı olan sporcuda skorun PT'den bağımsız olarak azalıyor oluşudur. Bu nedenle VISA-P, tanı almış PT vakalarında klinik takip için önerilmektedir.

Bir performans çıktısı olarak counter-movement jump (CMJ) hareketi ile sıçrama yüksekliğine baktığımızda, patellar tendinopatisi olan grup ile olmayan arasında anlamlı fark saptanmadı. Sprague ve ark. (95) yaptıkları meta-analizde CMJ yüksekliğinin PT'li sporcularda PT'si olmayanlara göre daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Analiz sonrası OR 1.77 olarak saptamışlardır. Bu sonuca göre CMJ ile saptanan sıçrama yüksekliği potansiyel risk faktörü olarak kabul görmektedir. Bu çalışmanın sonuçlarından farklı olarak Helland ve ark. (159) erkek voleybolcularda gerçekleştirdikleri 5 yıllık prospektif kohort çalışmasında PT'si olan sporcuların olmayanlara göre 2.1 cm daha fazla sıçradıklarını ve bu sonucun anlamlı olmadığını tespit etmişlerdir. Aynı çalışmada squat jump (SJ) ile CMJ arasındaki farkın ise iki grup arasında anlamlı derecede farklı olduğunu ve PT'li sporcuların CMJ'de daha fazla sıçrarken SJ'de daha az sıçradıklarını göstermişlerdir. Bu sonuçlar doğrultusunda CMJ'nin germe kısalma döngüsünün bir göstergesi olması nedeniyle PT'li sporcuların gerilme kısalma döngüsüne daha iyi uyum sağladığı vurgusu yapılmıştır. Siegmund ve ark. (160) erkek basketbolcularda yaptıkları çalışmada benzer şekilde CMJ sıçrama yüksekliklerinin iki grup arasında anlamlı olarak farklı olmadığını tespit etmişlerdir; fakat kompansasyon mekanizmasına dikkat çekmek için inme sırasındaki akselerasyon miktarlarının PT'li sporcularda daha az olduğu vurgusu yapılmıştır. 141 profesyonel erkek voleybolcunun katıldığı farklı bir çalışmada Lian ve ark. (161) ise PT'si olan sporcuların sıçrama yüksekliklerinin %15 daha fazla olduğunu göstermişlerdir. Tüm sonuçlar bir araya getirildiğinde CMJ yüksekliğinin potansiyel risk faktörü olabileceği düşünülmekle birlikte sonuçlar homojen değildir. Çalışmamızla kıyaslandığında sonuçların benzer şekilde risk faktörü olarak değerlendirilmediği çalışmalar görmek mümkündür. Ayrıca literatürde kadın PT'li voleybolcularda ve basketbolcularda bu alan üzerine yapılmış çalışma saptanamamıştır. Bununla birlikte çalışmalarda güncel mobil teknolojilerin kullanılmadığı görülmektedir. Lian ve ark. (161) tarafından yapılan çalışmada elde edilen %15 fark anlamlı olarak saptanırken, daha önce belirtildiği gibi sıçrama yüksekliklerinin mobil uygulamalarla ölçüldüğü durumlarda %15'e kadar hata payı saptanan çalışmalar da mevcuttur. Bu durum kullandığımız teknolojinin ve çalışmamızın eksik yönlerinden birini göstermektedir.

İzometrik egzersizler alt ekstremite tendinopatilerinde rehabilitasyonun özellikle başlangıç aşamalarında analjezik etkisi nedeniyle yaygın olarak tercih edilen egzersizlerdir ve daha önce izometrik kuvvet özelliklerinin tendinopatili bireylerde farklılaşıp farklılaşmadığını inceleyen çalışma sayısı oldukça azdır (84). Bu nedenle sporcularda farklı özellikler gösterebileceği de düşünülerek çalışmaya dahil edilmiştir. Ağrının kuadriseps aktivasyonunu ve kuvvetini inhibe etmesinden dolayı kuvvet sonuçlarının azalmış olması beklenirken şaşırtıcı şekilde sonuçlar her iki grup arasında benzer olarak tespit edilmiştir (162). Literatür incelendiğinde ise, Van der Worp ve ark. (152) 2011 yılında yaptıkları meta-analiz çalışmasında, 1 yüksek kaliteli ve 4 düşük kaliteli çalışmayı analizlerine dahil etmişler, sonuç olarak sadece bir düşük kaliteli çalışmada kuvvetin patellar tendinopati ile değişkenlik gösterebileceğini bulmuşlardır. Güncel olan diğer çalışmaların sonuçlarına baktığımızda ise meta-analiz çalışmasına benzer sonuçların elde edildiğini görmekteyiz. Silva ve ark. (163) sıçrama aktivitelerinin yaygın olduğu branşlardan 14 erkek sporcuyu çalışmalarına dahil etmişler, 90 derece diz fleksiyonunda el dinamometresi ile aldıkları ölçümlerde sadece kalça fleksiyonunda PT'li grupta izometrik kuvveti %27 daha düşük olarak tespit etmişlerdir. Benzer şekilde iki çalışmada 90 derece diz fleksiyonunda aldıkları izometrik ölçümlerde iki grup arasında anlamlı fark bulamamışlardır (164, 165). Bu alanda yapılan tek prospektif çalışma 2001 yılında Witvrouw ve ark. (166) tarafından gerçekleştirilmiştir ve sonuçta diğer çalışmalara benzer şekilde iki grup arasında anlamlı fark elde edilememiştir. Patellar tendinopatisi olan sporcular sıklıkla ağrıya rağmen spora ara vermeden sıçrama aktivitelerine devam etmektedirler. Bu durum PT'li sporcuların kuvvet seviyelerini asemptomatik sporculara benzer şekilde koruyabilmelerine olanak sağlayabilir (163). Çalışmamızda ve literatürde elde edilen sonuçlarda fark olmamasının temel sebeplerinden birinin bu olabileceğini düşünmekteyiz.

Ultrason, semptomatik sporcuların patellar tendinopati tanısı için klinik değerlendirilmede önemli bir yere sahiptir. Ayrıca asemptomatik sporcuların yapısal değişimlerinin incelenmesinde ve bu bulguların gelecekte ne gibi klinik tabloya öncülük edeceğinin araştırılmasında çalışmalara konu olmuştur. Çalışmamızda patellar tendinopati kliniği olan sporcuların farklı açıda alınan ölçümlerinde asemptomatik olan sporculara kıyasla belli başlı bazı özelliklerle farklılaştığını görmekteyiz. Bu bağlamda en belirgin değişimin ultrason shear-wave elastografide olduğu gösterilmiştir. Klinik tablonun oturması ile tendon sertliği artarken, hipoekoik alanların belirginleştiği, tendon kalınlığının artma eğiliminde olduğu gözlemlenmiştir. Tendonun kanlanmasındaki artışta ise anlamlı farklar bulunamamıştır. Bu incelemelere daha yakından

baktığımızda, tendon kalınlığı sıklıkla patellar tendinopati tanı kriterleri arasında tercih edilmektedir (167). Patellar tendinopati üzerine şu anki paradigma patolojik sürekliliği ifade etmektedir ve preklinik evrede tendon proksimalinin diffüz kalınlık artışı ile kendini göstermektedir. Bu yüzden çalışmalarda hem preklinik dönemde hem de klinik tanı aşamasında göz önünde bulundurulmaktadır. Çalışmamızda 0 derecede alınan ölçümlerde patellar tendinopati saptanan sporcularda sağ dizde, 30 derecede alınan ölçümlerde ise sol dizde tendonun proksimal kalınlığın anlamlı olarak arttığı gösterilmiştir. Ortadan alınan ölçümlerde her iki açıda da anlamlı fark tespit edilmemişken, distalden alınan ölçümlerde ise 30 derecede patellar tendinopati görülen grupta her iki diz için anlamlı kalınlık artışı saptanmıştır. Her iki diz bir araya getirildiğinde ise patellar tendinopati saptanan sporcularda 0 ve 30 derecede proksimalde kalınlık artışı saptanmıştır. Tüm sporcuların ortalama patellar tendon kalınlıkları, proksimalde 4.9-5.4 mm, ortada 4.0-4.3 mm, distalde ise 4.2-4.8 mm arasında değişkenlik göstermektedir. 0 derecede alınan ölçümlerde kalınlık daha az iken 30 derecede alınan ölçümlerde tendon daha kalın olarak ölçülmektedir. Visnes ve ark. (115) 15-16 yaşındaki kadın ve erkek voleybolcular üzerinde yaptıkları çalışmada 20 derece diz fleksiyonunda aldıkları ölçümlerde, patellar tendon kalınlığı patellar tendinopatili sporcularda olmayanlara kıyasla artmadığını gözlemlemiştir. Kulig ve ark. (157) tarafından profesyonel erkek voleybolcular üzerinde yaptılan bir başka çalışmada ise 90 derecede alınan ölçümlerde patellar tendinopatisi olan sporcuların asemptomatik olanlara göre (hiç diz şikayeti olmayan) proksimal tendon kalınlığı benzer ölçütlerde iken, diğer diz problemi olan sporculara kıyasla kalınlığın artmış olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada bir başka çıktı olarak da hem proksimal tendonun hem de distal tendonun sporcu popülasyonunda sporcu olmayanlara göre daha kalın olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde Coombes ve ark. (136) tarafından sporcu olmayan bireylerde yapılan çalışmada patellar tendinopatiye sahip olan bireylerin olmayanlara kıyasla proksimalde tendon kalınlıkları daha fazla bulunmuşken, orta kısımda fark bulunamamıştır. Son olarak Sunding ve ark. (168) tarafından gerçekleştirilen çalışmada patellar tendinopati kliniği olan bireylerin tendon kalınlıkları anlamlı olarak daha fazla bulunmuşken (6.2mm ± 2.1mm), asemptomatik olan bireylerde daha ince olduğu (4.9mm ± 2.1mm) gösterilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar güncel literatür doğrultusunda incelendiğinde, sıçrama aktivitelerinin yoğun olduğu spor branşlarında, patellar tendona binen yük nedeniyle tendonun adaptasyon göstermesi sonucu tendon kalınlığı artmaktadır. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar bu hipotezi desteklemektedir. Patellar tendinopatili sporcularda ise tendon proksimalinde ve distalinde tendon kalınlığında artış eğilimi

bulunmakla birlikte, farklı açılarda elde edilen ölçümlerde sonuçlar değişkenlik göstermektedir. Cook ve ark. (62)'na göre tendon kalınlığı preklinik dönemde de artış göstermektedir. Bu nedenle asemptomatik olan sporcularda kalınlık farkının belirgin olmaması, bu sporcuların gelecek dönem için patellar tendinopati açısında risk ihtiva ettiklerinin bir göstergesi olabilir.

Kalınlık gibi patellar tendonun kanlanmasının incelendiği power doppler uygulamaları, tendonun zaman içerisinde yüklenme ile birlikte patolojik değişimi hakkında bilgi vermektedir. Bununla birlikte patellar tendinopatiye bağlı diz ağrısı olan sporcularda artmış power ve/veya renkli doppler aktivasyonu sporcunun ağrı şiddeti ile ilişkilendirilmiştir (169, 170). Çalışmada patellar tendinopati mevcut olan tendonlarda olmayanlara kıyasla anlamlı power doppler artışı saptanmadı. Tüm sporcuların tendonlarının proksimal kısmında diğer kısımlara kıyasla daha fazla grade 1 aktivasyon saptandı. Distal kısımda ise diğer kısımlara kıyasla daha yüksek oranda grade 2 aktivasyon tespit edildi. Tanısal değerlendirme ve klinik bir çıktı olarak power doppler ultrason daha önceki çalışmalarda asemptomatik olan sporcularda da yaygın olarak tespit edilmekle birlikte kalınlık ve ekojenite değişikliklerine benzer şekilde gelecek dönemde sporcuların kliniğinin oturması adına risk olarak değerlendirilmektedir (6). Visnes ve ark. (115) sporcu lise öğrencilerinde prospektif gerçekleştirdikleri çalışmada, patellar tendinopati tanısı koyulan sporcuların %73'ünde renkli doppler aktivasyonu olduğunu, patellar tendinopatisi olmayan fakat kontrollerde vaskülarite artışı gösteren sporcuların ise gelecek dönemde 2.7 kat şikayet geliştirme riski olduğunu göstermişlerdir. Profesyonel voleybolcuların dahil edildiği bir başka çalışmada Gisslen ve Alfredson (102) patellar tendinopatisi olan ve olmayan gruplar arasında vaskülarizasyon farkı bulamazken, şikayeti olmayan sporcuların %33'ünün 7 aylık periyotta zamanla şikayetlerinin meydana geldiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmalardan farklı olarak profesyonel erkek basketbolcularda yaptıkları çalışmada Terslev ve ark. (171) klinik bulgularla ultrason bulguları arasında herhangi bir korelasyon tespit edememişlerdir. İki takımın incelemeye alındığı çalışmada patellar tendinopatisi olan sporcuların %46'sında vaskülarite artışı tespit edilirken, 14 asemptomatik sporcuda da vaskülarite artışı gösterilmiştir. Bulgular arasında korelasyon mevcut değilken, patellar tendinopati görülen grupta kliniğin belirgin olması nedeniyle sporcuların şikayetlerini ultrason bulguları ile ilişkilendirmişlerdir. Diğer çalışmalarda olduğu gibi sporcuların %39'unda asemptomatik olsa dahi vasküler değişiklikler gözlemlenmiştir. Literatürde yer alan çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda her iki grup arasında anlamlı derecede power doppler aktivasyon farkı olmamasının, antrenman ile yüklenme sırasında sporcuların büyük bir

çoğunluğunun adaptif olarak tendon yapısında değişiklikler meydana getirmesi kaynaklı olabileceği düşünülmüştür. Ayrıca 30 derecede alınan ölçümlerde 0 dereceye kıyasla anlamlı derecede daha fazla oranda vaskülarite değişiklikleri tespit edilmiştir. Daha önce literatürde farklı diz açılarında power doppler ölçümlerini inceleyen çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu durumun tam ekstansiyon sırasında patellar tendonun kendi üzerine katlanmasından dolayı distalde belirgin olmak üzere tendonu power doppler açısından değerlendirmeyi güç hale getirmesinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir.

Tendonun yüke verdiği yanıt, patellar tendinopati kliniği ve ultrason bulguları arasındaki ilişkinin değerlendirilmesindeki son konu tendonda meydana gelen ekojenik değişimlerdir (3). Özellikle sporcularda yapılan çalışmalarda tendonda meydana gelen kalınlık ve vaskülarite artışı gibi değişikliklere kıyasla hipoekoik alanlar daha fazla araştırmaya konu olmuştur. Bunun nedeni sporcularda diğer değişikliklere kıyasla daha sık olarak tespit edilmesi ve tendonun düzenli ve paralel lifsel ağında oluşan anormal ultrasonografik görüntülerin tespit edilmesidir (3-5, 115, 172). 90'lı yılların sonundan itibaren hipoekoik alanlar günümüze kadar çalışmalara konu olmaya devam etmiştir (79, 158). Visnes ve ark. (115) voleybolcular üzerinde yaptıkları çalışmada tüm sporcularda %83, Giombini ve ark. (5) eskrim sporcularında yaptıkları çalışmada asemptomatik sporcularda %59, Gisslen ve ark. (102) yaptıkları çalışmada genç voleybolcularda %42, Fredberg ve ark. (173) ise iki farklı profesyonel erkek futbol grubunda %23-36, Cook ve ark. (174) ise asemptomatik genç basketbolcularda %19, Comin ve ark. (172) ise balerinlerde yaptıkları çalışmada toplamda bu oranı %12 olarak tespit etmişlerdir. Yine benzer çalışmalarda asemptomatik olup hipoekoik alan tespit edilen sporcuların sezon içerisinde patellar tendinopati geliştirme riskini Fredberg ve ark. 2.2, Visnes ve ark. 3.3 ve son olarak Comin ve ark. ise 6.9 olarak tespit etmişlerdir. McAuliffe ve ark. (3) 2016 yılında gerçekleştirdikleri meta-analiz çalışmasında ortalama riski 4.35 olarak tespit etmişlerdir. Aynı zamanda bu çalışma bu oranı popülasyona uyguladığında anormal ultrason bulguları olan sporcuların yaklaşık olarak %20'sinin aynı sezon içerisinde şikâyet geliştirdiğini ifade etmişlerdir. Çalışmamızda ise 126 patellar tendonda proksimalde %31 oranında hipoekoik alan varlığı tespit edilmiştir. Patellar tendinopati olan ve olmayan gruplar arasında ise patellar tendinopati olanlarda anlamlı derecede fazla olacak şekilde fark bulunmuştur. Literatürle kıyaslandığında tespit edilen hipoekoik alanların daha az olduğu görülmektedir. Bu durumun iki sebepten kaynaklı olabileceği fikri oluşmuştur. Literatürde yer alan grupların ağırlıklı olarak erkek popülasyon da gerçekleştirilmiş olması ve tüm ölçümlerin

sezon öncesi dönemde yapılmış olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmüştür. Bu durumu destekler şekilde Cook ve ark. (174) tarafından yapılan çalışmada kadın popülasyonda asemptomatik olanlarda dahi ultrason bulgularının daha az olduğu ve egzersizle birlikte bulguların %50 oranında gerilediği belirtilmiştir. Bu duruma paralel olarak Fredberg ve ark. (173) yaptıkları çalışmada sezon öncesi yapılan koruyucu egzersiz programlarına bağlı olarak ultrason bulgularının gerilediğini (%12), fakat patellar tendinopati gelişme riskinin azalmadığını ifade etmişlerdir.

Tartışmanın son kısmı çalışmanın ana amacı olan ultrason SWE ölçümlerine ve korelasyon analizi ile ilgili bulguların incelenmesine ayrılmıştır. Çalışmanın sonucunda patellar tendinopatisi olan grupta SWE değerleri anlamlı olarak yüksek bulundu. 30 derecede alınan ölçümlerde her iki diz için sertlik derecesinin arttığı tespit edilirken, 0 derecede alınan ölçümlerde sağ dizde sertliğin arttığı, sol diz için ise benzer kaldığı gözlemlendi. Korelasyon analizi ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde, 0 derecede özellikle tendonun proksimalinden alınan ölçümlerde kalınlık ve SWE değerleri ile VISA-P skoru arasında zayıf derecede negatif korelasyon saptanırken, squat sırasındaki ağrının şiddeti ile yine zayıf derecede pozitif korelasyon tespit edildi. 30 derecede alınan ölçümlerde ise kalınlık ve SWE ile VISA-P arasında zayıf korelasyon mevcut iken, VAS ile makul derecede pozitif korele olduğu gösterildi. Tendonun diğer kısımlarından alınan ölçümlerde ise istatistiksel anlamlılık derecesinde herhangi bir pozitif veya negatif korelasyon saptanmadı. Kuvvet ve sıçrama testleri ile olan ilişki incelendiğinde ise sadece tendon proksimalinin kalınlığı ile 0 derecede alınan kuvvet ölçümleri arasında makul dereceli bir pozitif korelasyonun mevcut olduğu gösterildi. 30 derecede ise bu ilişkinin zayıf olduğu tespit edildi.

SWE, dokuların mekanik özelliklerini nesnel olarak tespit edebilmesi sayesinde kas iskelet sistemi patolojilerinin pre-klinik ve klinik dönem, tanı ve prognostik olarak değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu nedenle özellikle son dekadda çalışmalara sıklıkla konu olmuştur. Çalışmaların sonuçlarına göre, güncel bir kullanım aracı olmasından dolayı özellikle tendon patolojilerinin değerlendirilmesindeki yeri hakkında çalışmalardan elde edilen sonuçlar doğrultusunda hala soru işaretleri bulunmaktadır. Obst ve ark. (8) 2018 yılında tendonun mekanik özelliklerinin ultrason aracılığıyla değerlendirilmesi konusunda gerçekleştirdikleri sistematik derleme ve meta-analiz çalışmasında, aşil tendinopatisi üzerine gerçekleştirilen analizlerin homojen sonuçları olduğunu gösterirken, patellar tendinopati üzerine yapılan çalışmaların heterojen sonuçları olduğunu vurgulamışlardır. Tendonun global olarak değerlendirildiği çalışmalarda, bir çalışma elastik modül değerinin arttığını tespit ederken, diğer bir çalışma zıt

yönde sonuçlara ulaşmıştır. Benzer şekilde tendonun sadece proksimal parçasını (lokal) inceleyen çalışmalarda, bir çalışma anlamlı derecede sertliğin azaldığını tespit ederken, bir başka çalışma ise proksimalde sertliğin arttığını göstermiştir. Bu çalışmalar haricinde sadece bir çalışmada tendonun hem proksimali hem de distali incelemeye alınmıştır. Coombes ve ark. (136)'nın gerçekleştirdiği bu çalışmada tendonun hem proksimalinin hem de distalinin sertlik derecesinin arttığı tespit edilmiştir. Tendonu lokal olarak incelemeye alan çalışmaların tümünde Aixplorer, SuperSonic Imagine ultrason cihazı kullanılmıştır. Tendon sertliğinin arttığı çalışmalarda tendonun incelemeye alındığı açı 30 derece fleksiyon olmakla birlikte (136, 137), tendon sertliğinin azaldığı çalışmada ise sadece hastanın süpin pozisyonda uzandığı ve ölçümün ekstansiyonda alındığı bilgisi verilmiştir (175). Ölçümler arasındaki açı farklılığından kaynaklı olarak çalışma sonuçlarının farklı çıkabildiği çalışmamızda gösterilmiş olmakla birlikte literatürü destekler şekilde 30 derecede alınan ölçümlerde tendon sertlik derecesi artarken 0 derecede sertliğin homojen olarak arttığı tespit edilememiştir. Bununla birlikte diğer çalışmalardan farklı olarak kullanılan ultrason cihazının farklı olduğu hatırlatılmalıdır. Son olarak literatürde, meta-analiz çalışması sonrası gerçekleştirilen bir çalışma mevcut olup, farklı bir cihazın (Logiq, E9) kullanıldığı çalışmada yine 30 derece diz fleksiyonunda proksimalden alınan lokal ölçümlerde tendon sertlik derecesinin semptomatik patellar tendinopatisi olan sporcularda arttığı tespit edilmiştir (138).

Patellar tendinopatisi olan sporcularda SWE değerleri yani tendonun sertlik derecesi hem çalışmamızda hem de literatürde yer alan çalışmalarda artma yönündedir. Bununla birlikte SWE değerlerinin klinik testlerle ilişkisini inceleyen çalışma sayısı oldukça azdır. 2014 yılında Zhang ve ark. (137) sporcular üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, 30 derece diz fleksiyonunda patellar tendondan aldıkları ölçümde, SWE, kalınlık ve kesit alanının; palpasyon ve VISA-P anketinin merdiven inme, diz ekstansiyonu, tek ayak sıçrama, lunge, squat ve uzun süre oturma gibi alt başlıklarının skoru ile olan ilişkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak kas kalınlığı ve kesit alanıyla ilgili hiçbir klinik değerlendirme ve VISA-P alt başlığı arasında istatistiksel anlamlılık düzeyinde ilişki saptanamazken, SWE değerinin palpasyon sırasındaki ağrı ile iyi düzeyde pozitif korele olduğunu ve VISA-P alt başlıklarından diz ekstansiyonu hariç kalanların hepsiyle negatif korele olduğunu saptamışlardır. 2017 yılındaki bir başka çalışmada ise Lee ve ark. (149) patellar tendinopatisi olan sporcular üzerinde yaptıkları çalışmada strain elastografi ve izokinetik cihazda alınan izometrik kuvvet değerinin son bir hafta içinde algılanan ağrı miktarı, tek bacak squat sırasında hissedilen ağrı miktarı ve VISA-P anketi ile olan ilişkisini incelemişlerdir. Bu çalışmada

ölçümler, diz 90 derece fleksiyonda iken ve tendonun sadece proksimal yarısından alınmıştır. Çalışmanın sonucunda strain elastografi değeri ile son 7 günde ve tek bacak squat sırasında hissedilen ağrı miktarı arasında makul derecede negatif korelasyon bulmuşlardır. Kuvvet değeri ve ultrason ölçümleri arasında anlamlı ilişki bulamamışlardır. Patellar tendon proksimalinden elde ettiğimiz değerlerin ağrı ve VISA-P ile ilişkisini literatürde yer alan iki çalışma ile değerlendirdiğimizde, patellar tendon için gerçekleştirilen fonksiyonel test sırasında algılanan ağrı miktarı arttıkça ve bireyin günlük yaşam kalitesi/sportif faaliyetler sırasındaki fonksiyonu azaldıkça tendonun sertlik miktarı artmaktadır (137, 149).

6. SONUÇ

Kesitsel olarak gerçekleştirilen çalışmamız, profesyonel kadın voleybolculardan ve basketbolculardan alınan gri skala ultrason ve shear-wave elastografi ölçümlerinin kuvvet, sıçrama ve klinik testler gibi değerlendirmelerle olan ilişkisini incelemek için planlanmıştır. Ayrıca elde edilen sonuçlar doğrultusunda, sporcuların patellar tendonlarında meydana gelen değişimlerin, patellar tendinopati kliniği gösteren sporcularla göstermeyen sporcular arasında kıyaslanarak ne gibi farklılıklar gösterdiğini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Bu doğrultuda sporculara ultrason ölçümleri ile eğimli zeminde tek bacak squat, counter-movement jump ve izometrik kuvvet ölçümleri uygulanmıştır. Kuvvet ve ultrason değerlendirmeleri, farklılık gösterebileceği düşünülerek her iki dizden 0 derecede ve 30 derecede olacak şekilde iki farklı diz açısında gerçekleştirilmiştir.

Çalışmamızın sonuçlarına baktığımızda, patellar tendinopatisi olan sporcularda VKİ'nin daha yüksek, yaşın daha ileri ve lisanslı spor yılının belirgin bir şekilde daha fazla olduğu gözlemlendi. Demografik veriye ait diğer bilgilerde ise anlamlı fark saptanmadı. Ultrason değerlendirmelerinde 30 derecede alınan ölçümlerde her iki diz için tendonun proksimal sertlik derecesinin arttığı tespit edilirken, 0 derecede alınan ölçümlerde sağ dizde sertliğin arttığı, sol diz için ise benzer kaldığı gözlemlendi. Kalınlık ölçümlerinde 0 derecede sağda, 30 derecede ise solda anlamlı kalınlık artışı tespit edilirken, hipoekoik alanların varlığının ölçümlerinde ise her iki dizde ve her iki açıda anlamlı fark saptandı. Kuvvet ve sıçrama ölçümlerinde ise patellar tendinopatisi olan grup ile olmayan grup arasında anlamlı bir farklılık tespit edilmedi. Korelasyon analizinde, özellikle yine 30 derecede alınan ölçümlerde SWE ile VAS arasında makul derecede pozitif korelasyon olduğu saptandı. Tendonun diğer kısımlarından alınan ölçümlerde ise istatistiksel anlamlılık derecesinde herhangi bir pozitif veya negatif korelasyon saptanmadı. Kuvvet ve sıçrama testleri ile olan ilişki incelendiğinde ise sadece tendon proksimalinin kalınlığı ile 0 derecede alınan kuvvet ölçümleri arasında makul dereceli bir pozitif korelasyonun mevcut olduğu gösterildi. 30 derecede ise bu ilişkinin zayıf olduğu tespit edildi.

Özellikle patellar tendonun proksimal kısmının değerlendirilmesi sonucu elde edilen shear-wave elastografi incelemelerinin klinik testler ile anlamlı derecede ilişkili olması ve patellar tendinopatisi olan sporcularla olmayanlar arasında farklılık göstermesi, SWE'nin patellar tendinopatili sporcularda tanısal ve prognostik bir izleme aracı olarak kullanılabileceğine işaret etmektedir. 30 derecede alınan ölçümlerin 0 derecede alınan ölçümlere kıyasla anlamlılık

özelliklerinin daha belirgin olması, patellar tendinopati nedeniyle ultrasonda değerlendirilen sporcuların 30 derecede incelenmesinin klinik olarak daha doğru olacağını düşündürmüştür.

Aşil tendonunda yapılan çalışmalara kıyasla patellar tendon üzerinde yapılan çalışmalarda sonuçların heterojen olması nedeniyle çalışmamızın bundan sonra yapılacak çalışmalara referans olabileceğini düşünmekteyiz. Literatürde yer alan diğer çalışmalara kıyasla, ilk defa, profesyonel kadın sporcuların yer aldığı bir popülasyonda patellar tendonun açısal farklılıklarda ne gibi ölçüm farklılıkları gösterdiğini, özellikle tendonun proksimal kısmından alınan shear-wave elastografinin gri skala ultrason incelemelerine kıyasla daha belirgin farklılıklar gösterdiğini ve klinik testlerle ilişkilendirilebileceğini ortaya koymuş olduk. Yapmış olduğumuz bu çalışma sonrasında elde ettiğimiz sonuçtan sonra ileride yapılacak olan çalışmalara faydalı olması açısından; cinsiyet farklılığının etkisinin araştırılabilmesi için kadın ve erkek sporcuların dahil olduğu çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca daha genç sporcu gruplarında patellar tendinopati oluşum sürecinin takip edilebilmesi ve böylelikle daha erken dönemde yaralanmadan korunma için önlem alınabilmesi için alt yaş kategorilerindeki sporcularda prospektif çalışmalar yapılabilir.

7. KAYNAKLAR

1. Malliaras P, Cook J, Purdam C, Rio E. Patellar Tendinopathy: Clinical Diagnosis, Load Management, and Advice for Challenging Case Presentations. J Orthop Sports Phys Ther. 2015;45(11):887-98.
2. Golman M, Wright ML, Wong TT, Lynch TS, Ahmad CS, Thomopoulos S, et al. Rethinking Patellar Tendinopathy and Partial Patellar Tendon Tears: A Novel Classification System. The American Journal of Sports Medicine. 2020;48(2):359-69.
3. McAuliffe S, McCreesh K, Culloty F, Purtill H, O'Sullivan K. Can ultrasound imaging predict the development of Achilles and patellar tendinopathy? A systematic review and meta-analysis. Br J Sports Med. 2016;50(24):1516-23.
4. Scott A, Backman LJ, Speed C. Tendinopathy: update on pathophysiology. J Orthop Sports Phys Ther. 2015;45(11):833-41.
5. Giombini A, Dragoni S, Di Cesare A, Di Cesare M, Del Buono A, Maffulli N. Asymptomatic A chilles, patellar, and quadriceps tendinopathy: A longitudinal clinical and ultrasonographic study in elite fencers. Scand J Med Sci Sports. 2013;23(3):311-6.
6. Cook J, Khan KM, Kiss Z, Coleman B, Griffiths L. Asymptomatic hypoechoic regions on patellar tendon ultrasound: A 4-year clinical and ultrasound followup of 46 tendons. Scand J Med Sci Sports. 2001;11(6):321-7.
7. Taljanovic MS, Gimber LH, Becker GW, Latt LD, Klauser AS, Melville DM, et al. Shear-wave elastography: basic physics and musculoskeletal applications. Radiographics. 2017;37(3):855-70.
8. Obst SJ, Heales LJ, Schrader BL, Davis SA, Dodd KA, Holzberger CJ, et al. Are the mechanical or material properties of the achilles and patellar tendons altered in tendinopathy? A systematic review with meta-analysis. Sports Med. 2018;48(9):2179-98.
9. Schuenke M, Schulte E, Schumacher U. PROMETHEUS Anatomical Atlas for Students. General anatomy and musculoskeletal system. 2005.
10. Taşer Ö, Bayraktar B. FUTBOL HEKİMLİĞİ. Nobel Tıp Kitabevi. 2019:467-72.
11. Basso O, Johnson D, Amis A. The anatomy of the patellar tendon. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2001;9(1):2-5.
12. Boesen AP, Boesen MI, Torp-Pedersen S, Christensen R, Boesen L, Hölmich P, et al. Associations between abnormal ultrasound color Doppler measures and tendon pain symptoms in badminton players during a season: a prospective cohort study. The American journal of sports medicine. 2012;40(3):548-55.
13. Vailas A, Tipton C, Laughlin H, Tcheng T, Matthes R. Physical activity and hypophysectomy on the aerobic capacity of ligaments and tendons. J Appl Physiol. 1978;44(4):542-6.
14. Birch HL. Tendon matrix composition and turnover in relation to functional requirements. Int J Exp Pathol. 2007;88(4):241-8.
15. Hodgson RJ, O'Connor PJ, Grainger AJ. Tendon and ligament imaging. The British journal of radiology. 2012;85(1016):1157-72.
16. Kjaer M. Role of extracellular matrix in adaptation of tendon and skeletal muscle to mechanical loading. Physiol Rev. 2004;84(2):649-98.

17. Padulo J, Oliva F, Frizziero A, Maffulli N. Muscle, Ligaments and Tendons Journal. Basic principles and recommendations in clinical and field science research. Muscles, ligaments and tendons journal. 2013;3(4):250.
18. McGonagle D, Marzo-Ortega H, O'connor P, Gibbon W, Hawkey P, Henshaw K, et al. Histological assessment of the early enthesitis lesion in spondyloarthropathy. Ann Rheum Dis. 2002;61(6):534-7.
19. Atalay YB, Ünal AM, Oğul A, Ercan S, Çetin C. Patellar Tendon Üzerine Sıcak-Soğuk Uygulamalarının Tork-Zaman Parametrelerine Etkisi. Spor Hekimliği Dergisi. 2018;53(4):152-9.
20. Altın M. Meniskopatili Hastalarda patellar tendonun shear wave elastografi ile değerlendirilmesi: Aydın Adnan Menderes Üniversitesi. Sağlık Bilimleri Enstitüsü; 2019.
21. Britannica TEoE. Tendon. Encyclopaedia Britannica2020, May 27. p. https://www.britannica.com/science/tendon.
22. Kannus P. Structure of the tendon connective tissue. Scand J Med Sci Sports. 2000;10(6):312-20.
23. Hamilton B, Purdam C. Patellar tendinosis as an adaptive process: a new hypothesis. Br J Sports Med. 2004;38(6):758-61.
24. Hansen P, Haraldsson BT, Aagaard P, Kovanen V, Avery NC, Qvortrup K, et al. Lower strength of the human posterior patellar tendon seems unrelated to mature collagen cross-linking and fibril morphology. J Appl Physiol. 2010;108(1):47-52.
25. Andrikoula S, Tokis A, Vasiliadis HS, Georgoulis A. The extensor mechanism of the knee joint: an anatomical study. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2006;14(3):214-20.
26. Roaas A, Andersson GB. Normal range of motion of the hip, knee and ankle joints in male subjects, 30–40 years of age. Acta Orthop Scand. 1982;53(2):205-8.
27. Hall SJ, Lysell D. Basic biomechanics: Mosby St. Louis; 2019.
28. Engelina S, Robertson CJ, Moggridge J, Killingback A, Adds P. Using ultrasound to measure the fibre angle of vastus medialis oblique: a cadaveric validation study. The Knee. 2014;21(1):107-11.
29. DeFrate LE, Nha KW, Papannagari R, Moses JM, Gill TJ, Li G. The biomechanical function of the patellar tendon during in-vivo weight-bearing flexion. J Biomech. 2007;40(8):1716-22.
30. Basso O, Amis AA, Race A, Johnson DP. Patellar tendon fiber strains: their differential responses to quadriceps tension. Clinical Orthopaedics and Related Research®. 2002;400:246-53.
31. Lavagnino M, Arnoczky SP, Elvin N, Dodds J. Patellar tendon strain is increased at the site of the jumper's knee lesion during knee flexion and tendon loading: results and cadaveric testing of a computational model. The American journal of sports medicine. 2008;36(11):2110-8.
32. Malliaras P, Cook JL, Kent P. Reduced ankle dorsiflexion range may increase the risk of patellar tendon injury among volleyball players. J Sci Med Sport. 2006;9(4):304-9.
33. Janssen I, Steele JR, Munro BJ, Brown NA. Predicting the patellar tendon force generated when landing from a jump. Med Sci Sports Exerc. 2013;45(5):927-34.
34. Halle R. Jump mechanics and risk of patellar tendinopathy. 2017.
35. Edwards S, Steele JR, Cook JL, Purdam CR, McGhee DE, Munro BJ. Characterizing patellar tendon loading during the landing phases of a stop-jump task. Scand J Med Sci Sports. 2012;22(1):2-11.
36. Edwards S, Steele JR, Purdam CR, Cook JL, McGhee DE. Alterations to landing technique and patellar tendon loading in response to fatigue. Med Sci Sports Exerc. 2014;46(2):330-40.

37. Scott A, Squier K, Alfredson H, Bahr R, Cook JL, Coombes B, et al. Icon 2019: international scientific tendinopathy symposium consensus: clinical terminology. Br J Sports Med. 2020;54(5):260-2.
38. O'Kon Sr A, O'Connell R. The Oxford dictionary of sports science and medicine. 2006.
39. Maffulli N. Overuse tendon conditions: time to change a confusing terminology. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery. 1998;14(8):840-3.
40. Gross MT. Chronic tendinitis: pathomechanics of injury, factors affecting the healing response, and treatment. J Orthop Sports Phys Ther. 1992;16(6):248-61.
41. Leadbetter WB. Cell-matrix response in tendon injury. Clin Sports Med. 1992;11(3):533-78.
42. Sano H, Ishii H, Yeadon A, Backman DS, Brunet JA, Uhthoff HK. Degeneration at the insertion weakens the tensile strength of the supraspinatus tendon: A comparative mechanical and histologic study of the bone-tendon complex. J Orthop Res. 1997;15(5):719-26.
43. Arya S, Kulig K. Tendinopathy alters mechanical and material properties of the Achilles tendon. J Appl Physiol. 2010;108(3):670-5.
44. Dean BJF, Franklin SL, Carr AJ. The peripheral neuronal phenotype is important in the pathogenesis of painful human tendinopathy: a systematic review. Clinical Orthopaedics and Related Research®. 2013;471(9):3036-46.
45. Andersson G, Forsgren S, Scott A, Gaida JE, Stjernfeldt JE, Lorentzon R, et al. Tenocyte hypercellularity and vascular proliferation in a rabbit model of tendinopathy: contralateral effects suggest the involvement of central neuronal mechanisms. Br J Sports Med. 2011;45(5):399-406.
46. Scott A, Khan KM, Cook J, Duronio V. Human tendon overuse pathology: histopathologic and biochemical findings. Tendinopathy in Athletes Malden, MA: Blackwell Publishing Ltd. 2007:69-84.
47. Józsa LG. Human tendons: anatomy, physiology and pathology. Human kinetics. 1997.
48. Riley G. The pathology of tendinopathy. A molecular review. Rheumatology. 2004;43:131-42.
49. Salingcarnboriboon R, Yoshitake H, Tsuji K, Obinata M, Amagasa T, Nifuji A, et al. Establishment of tendon-derived cell lines exhibiting pluripotent mesenchymal stem cell-like property. Exp Cell Res. 2003;287(2):289-300.
50. Lui PPY. Histopathological changes in tendinopathy—potential roles of BMPs? Rheumatology. 2013;52(12):2116-26.
51. Scott A, Huisman E, Khan K. Conservative treatment of chronic Achilles tendinopathy. CMAJ. 2011;183(10):1159-65.
52. Kragsnaes MS, Fredberg U, Stribolt K, Kjaer SG, Bendix K, Ellingsen T. Stereological quantification of immune-competent cells in baseline biopsy specimens from achilles tendons: results from patients with chronic tendinopathy followed for more than 4 years. The American journal of sports medicine. 2014;42(10):2435-45.
53. Millar NL, Hueber AJ, Reilly JH, Xu Y, Fazzi UG, Murrell GA, et al. Inflammation is present in early human tendinopathy. The American journal of sports medicine. 2010;38(10):2085-91.
54. Scott A, Lian Ø, Roberts C, Cook JL, Handley CJ, Bahr R, et al. Increased versican content is associated with tendinosis pathology in the patellar tendon of athletes with jumper's knee. Scand J Med Sci Sports. 2008;18(4):427-35.

55. Cook J, Rio E, Purdam C, Docking S. Revisiting the continuum model of tendon pathology: what is its merit in clinical practice and research? Br J Sports Med. 2016;50(19):1187-91.
56. Li W-W, Guo T-Z, Liang D-y, Sun Y, Kingery WS, Clark JD. Substance P signaling controls mast cell activation, degranulation, and nociceptive sensitization in a rat fracture model of complex regional pain syndrome. The Journal of the American Society of Anesthesiologists. 2012;116(4):882-95.
57. Fu SC, Wang W, Pau HM, Wong YP, Chan KM, Rolf CG. Increased expression of transforming growth factor-β1 in patellar tendinosis. Clinical Orthopaedics and Related Research®. 2002;400:174-83.
58. Sullo A, Maffulli N, Capasso G, Testa V. The effects of prolonged peritendinous administration of PGE1 to the rat Achilles tendon: a possible animal model of chronic Achilles tendinopathy. J Orthop Sci. 2001;6(4):349-57.
59. Kietrys DM, Barr-Gillespie AE, Amin M, Wade CK, Popoff SN, Barbe MF. Aging contributes to inflammation in upper extremity tendons and declines in forelimb agility in a rat model of upper extremity overuse. PLoS One. 2012;7(10):e46954.
60. Fedorczyk JM, Barr AE, Rani S, Gao HG, Amin M, Amin S, et al. Exposure-dependent increases in IL-1β, substance P, CTGF, and tendinosis in flexor digitorum tendons with upper extremity repetitive strain injury. J Orthop Res. 2010;28(3):298-307.
61. Ackermann PW, Li J, Lundeberg T, Kreicbergs A. Neuronal plasticity in relation to nociception and healing of rat achilles tendon. J Orthop Res. 2003;21(3):432-41.
62. Cook J, Purdam CR. Is tendon pathology a continuum? A pathology model to explain the clinical presentation of load-induced tendinopathy. Br J Sports Med. 2009;43(6):409-16.
63. Malliaras P, Cook J. Patellar tendons with normal imaging and pain: change in imaging and pain status over a volleyball season. Clin J Sport Med. 2006;16(5):388-91.
64. Khan K, Forster B, Robinson J, Cheong Y, Louis L, Maclean L, et al. Are ultrasound and magnetic resonance imaging of value in assessment of Achilles tendon disorders? A two year prospective study. Br J Sports Med. 2003;37(2):149-53.
65. Leung JL, Griffith JF. Sonography of chronic Achilles tendinopathy: a case–control study. J Clin Ultrasound. 2008;36(1):27-32.
66. Rudavsky A, Cook J. Physiotherapy management of patellar tendinopathy (jumper's knee). J Physiother. 2014;60(3):122-9.
67. Silbernagel KG, Gustavsson A, Thomeé R, Karlsson J. Evaluation of lower leg function in patients with Achilles tendinopathy. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2006;14(11):1207-17.
68. Thorpe CT, Streeter I, Pinchbeck GL, Goodship AE, Clegg PD, Birch HL. Aspartic acid racemization and collagen degradation markers reveal an accumulation of damage in tendon collagen that is enhanced with aging. J Biol Chem. 2010;285(21):15674-81.
69. Samiric T, Ilic MZ, Handley CJ. Characterisation of proteoglycans and their catabolic products in tendon and explant cultures of tendon. Matrix Biol. 2004;23(2):127-40.
70. Freund W, Weber F, Billich C, Schuetz UH. The foot in multistage ultra-marathon runners: experience in a cohort study of 22 participants of the Trans Europe Footrace Project with mobile MRI. BMJ open. 2012;2(3).
71. Docking S, Rosengarten SD, Cook J. A chilles tendon structure improves on UTC imaging over a 5-month pre-season in elite A ustralian football players. Scand J Med Sci Sports. 2016;26(5):557-63.

72. Seitz AL, McClure PW, Finucane S, Boardman III ND, Michener LA. Mechanisms of rotator cuff tendinopathy: intrinsic, extrinsic, or both? Clinical biomechanics. 2011;26(1):1-12.
73. Bunata RE, Brown DS, Capelo R. Anatomic factors related to the cause of tennis elbow. JBJS. 2007;89(9):1955-63.
74. Peers KH, Lysens RJ. Patellar tendinopathy in athletes. Sports Med. 2005;35(1):71-87.
75. Kibler WB. The scapula in rotator cuff disease. Rotator Cuff Tear. 2012;57:27-40.
76. Harris JD, Pedroza A, Jones GL, Group MS. Predictors of pain and function in patients with symptomatic, atraumatic full-thickness rotator cuff tears: a time-zero analysis of a prospective patient cohort enrolled in a structured physical therapy program. The American journal of sports medicine. 2012;40(2):359-66.
77. Bayraktar B, Kurtoğlu M. Sporda performans, etkili faktörler, değerlendirilmesi ve artırılması. Klinik Gelişim. 2009;22(1):16-24.
78. Ferretti A, Ippolito E, Mariani P, Puddu G. Jumper's knee. The American journal of sports medicine. 1983;11(2):58-62.
79. Cook J, Khan K, Harcourt P, Grant M, Young D, Bonar S. A cross sectional study of 100 athletes with jumper's knee managed conservatively and surgically. The Victorian Institute of Sport Tendon Study Group. Br J Sports Med. 1997;31(4):332-6.
80. Alexander RM. Energy-saving mechanisms in walking and running. J Exp Biol. 1991;160(1):55-69.
81. Shepherd JH, Screen HR. Fatigue loading of tendon. Int J Exp Pathol. 2013;94(4):260-70.
82. Ker RF. The implications of the adaptable fatigue quality of tendons for their construction, repair and function. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology. 2002;133(4):987-1000.
83. Rio E, Moseley L, Purdam C, Samiric T, Kidgell D, Pearce AJ, et al. The pain of tendinopathy: physiological or pathophysiological? Sports Med. 2014;44(1):9-23.
84. Rio E, Kidgell D, Purdam C, Gaida J, Moseley GL, Pearce AJ, et al. Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy. Br J Sports Med. 2015;49(19):1277-83.
85. Mendonça LdM, Ocarino JM, Bittencourt NFN, Fernandes LMO, Verhagen E, Fonseca ST. The accuracy of the VISA-P questionnaire, single-leg decline squat, and tendon pain history to identify patellar tendon abnormalities in adult athletes. J Orthop Sports Phys Ther. 2016;46(8):673-80.
86. Mendonça LD, Ocarino JM, Bittencourt NF, Macedo LG, Fonseca ST. Association of hip and Foot Factors with Patellar Tendinopathy (Jumper's knee) in athletes. J Orthop Sports Phys Ther. 2018;48(9):676-84.
87. Visentini PJ, Khan KM, Cook JL, Kiss ZS, Harcourt PR, Wark JD, et al. The VISA score: an index of severity of symptoms in patients with jumper's knee (patellar tendinosis). J Sci Med Sport. 1998;1(1):22-8.
88. Hernandez-Sanchez S, Hidalgo MD, Gomez A. Responsiveness of the VISA-P scale for patellar tendinopathy in athletes. Br J Sports Med. 2014;48(6):453-7.
89. Celebi MM, Kose SK, Akkaya Z, Zergeroglu AM. Cross-cultural adaptation of VISA-P score for patellar tendinopathy in Turkish population. Springerplus. 2016;5(1):1453.
90. Kountouris A, Cook J. Rehabilitation of Achilles and patellar tendinopathies. Best practice & research clinical rheumatology. 2007;21(2):295-316.

91. Zwerver J, Bredeweg SW, van den Akker-Scheek I. Prevalence of Jumper's knee among nonelite athletes from different sports: a cross-sectional survey. The American journal of sports medicine. 2011;39(9):1984-8.
92. Lian ØB, Engebretsen L, Bahr R. Prevalence of jumper's knee among elite athletes from different sports: a cross-sectional study. The American journal of sports medicine. 2005;33(4):561-7.
93. van der Worp H, van Ark M, Zwerver J, van den Akker-Scheek I. Risk factors for patellar tendinopathy in basketball and volleyball players: a cross-sectional study. Scand J Med Sci Sports. 2012;22(6):783-90.
94. Hutchison MK, Houck J, Cuddeford T, Dorociak R, Brumitt J. Prevalence of patellar tendinopathy and patellar tendon abnormality in male collegiate basketball players: A cross-sectional study. Journal of athletic training. 2019;54(9):953-8.
95. Sprague AL, Smith AH, Knox P, Pohlig RT, Silbernagel KG. Modifiable risk factors for patellar tendinopathy in athletes: a systematic review and meta-analysis. Br J Sports Med. 2018;52(24):1575-85.
96. Smith J, Finnoff JT. Diagnostic and interventional musculoskeletal ultrasound: Part 1. Fundamentals. PM&R. 2009;1(1):64-75.
97. Aldrich JE. Basic physics of ultrasound imaging. Crit Care Med. 2007;35(5):S131-S7.
98. Kremkau FW, Gooding G. Diagnostic ultrasound: principles and instruments: WB Saunders Philadelphia; 1998.
99. Edelman SK. Understanding ultrasound physics: ESP Woodlands; 2012.
100. Abu-Zidan FM, Hefny AF, Corr P. Clinical ultrasound physics. Journal of Emergencies, Trauma and Shock. 2011;4(4):501.
101. Iagnocco A, Epis O, Delle Sedie A, Meenagh G, Filippucci E, Riente L, et al. Ultrasound imaging for the rheumatologist XVII. Role of colour Doppler and power Doppler. 2008.
102. Gisslén K, Alfredson H. Neovascularisation and pain in jumper's knee: a prospective clinical and sonographic study in elite junior volleyball players. Br J Sports Med. 2005;39(7):423-8.
103. Nofsinger C, Konin JG. Diagnostic ultrasound in sports medicine: current concepts and advances. Sports Med Arthrosc. 2009;17(1):25-30.
104. Gennisson J-L, Deffieux T, Fink M, Tanter M. Ultrasound elastography: principles and techniques. Diagn Interv Imaging. 2013;94(5):487-95.
105. Şendur HN, Yücel C. Kas İskelet Elastografi Uygulamaları. 2019.
106. Domenichini R, Pialat J-B, Podda A, Aubry S. Ultrasound elastography in tendon pathology: state of the art. Skeletal Radiol. 2017;46(12):1643-55.
107. Bamber J, Cosgrove D, Dietrich C, Fromageau J, Bojunga J, Calliada F, et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology. Ultraschall in der Medizin-European Journal of Ultrasound. 2013;34(02):169-84.
108. Klauser AS, Miyamoto H, Bellmann-Weiler R, Feuchtner GM, Wick MC, Jaschke WR. Sonoelastography: musculoskeletal applications. Radiology. 2014;272(3):622-33.
109. Wakker J, Kratzer W, Graeter T, Schmidberger J, Group PftES. Elasticity standard values of the Achilles tendon assessed with acoustic radiation force impulse elastography on healthy volunteers: a cross section study. BMC Musculoskelet Disord. 2018;19(1):139.

110. Chiu T-cR, Ngo H-c, Lau L-w, Leung K-w, Lo M-h, Yu H-f, et al. An investigation of the immediate effect of static stretching on the morphology and stiffness of achilles tendon in dominant and non-dominant legs. PLoS One. 2016;11(4):e0154443.
111. Sandrin L, Tanter M, Gennisson J-L, Catheline S, Fink M. Shear elasticity probe for soft tissues with 1-D transient elastography. IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control. 2002;49(4):436-46.
112. Taljanovic MS, Melville DM, Klauser AS, Latt LD, Arif-Tiwari H, Gao L, et al. Advances in lower extremity ultrasound. Current Radiology Reports. 2015;3(6):19.
113. Lee KS. Musculoskeletal sonography of the tendon. J Ultrasound Med. 2012;31(12):1879-84.
114. Robinson P. Sonography of common tendon injuries. American Journal of Roentgenology. 2009;193(3):607-18.
115. Visnes H, Tegnander A, Bahr R. Ultrasound characteristics of the patellar and quadriceps tendons among young elite athletes. Scand J Med Sci Sports. 2015;25(2):205-15.
116. Warden SJ, Kiss ZS, Malara FA, Ooi AB, Cook JL, Crossley KM. Comparative accuracy of magnetic resonance imaging and ultrasonography in confirming clinically diagnosed patellar tendinopathy. The American journal of sports medicine. 2007;35(3):427-36.
117. Rees J, Houghton J, Srikanthan A, West A. The location of pathology in patellar tendinopathy. Br J Sports Med. 2013;47(9):e2-e.
118. Martinoli C, Bianchi S. Knee. Ultrasound of the musculoskeletal system: Springer; 2007. p. 637-744.
119. Fredberg U, Bolvig L, Andersen NT, Stengaard-Pedersen K. Ultrasonography in evaluation of Achilles and patella tendon thickness. Ultraschall in der Medizin-European Journal of Ultrasound. 2008;29(01):60-5.
120. Nazarian LN. The top 10 reasons musculoskeletal sonography is an important complementary or alternative technique to MRI. American Journal of Roentgenology. 2008;190(6):1621-6.
121. Fredberg U, Bolvig L. Significance of ultrasonographically detected asymptomatic tendinosis in the patellar and achilles tendons of elite soccer players: a longitudinal study. The American journal of sports medicine. 2002;30(4):488-91.
122. Ooi CC, Richards PJ, Maffulli N, Ede D, Schneider ME, Connell D, et al. A soft patellar tendon on ultrasound elastography is associated with pain and functional deficit in volleyball players. J Sci Med Sport. 2016;19(5):373-8.
123. Arda K, Ciledag N, Aktas E, Arıbas BK, Köse K. Quantitative assessment of normal soft-tissue elasticity using shear-wave ultrasound elastography. American Journal of Roentgenology. 2011;197(3):532-6.
124. Chen X-M, Cui L-G, He P, Shen W-W, Qian Y-J, Wang J-R. Shear wave elastographic characterization of normal and torn achilles tendons: a pilot study. J Ultrasound Med. 2013;32(3):449-55.
125. Dirrichs T, Schrading S, Gatz M, Tingart M, Kuhl CK, Quack V. Shear wave elastography (SWE) of asymptomatic achilles tendons: a comparison between semiprofessional athletes and the nonathletic general population. Acad Radiol. 2019;26(10):1345-51.
126. Payne C, Watt P, Cercignani M, Webborn N. Reproducibility of shear wave elastography measuresof the Achilles tendon. Skeletal Radiol. 2018;47(6):779-84.

127. Siu W-l, Chan C-h, Lam C-h, Lee C-m, Ying M. Sonographic evaluation of the effect of long-term exercise on Achilles tendon stiffness using shear wave elastography. J Sci Med Sport. 2016;19(11):883-7.
128. Corrigan P, Zellers JA, Balascio P, Silbernagel KG, Cortes DH. Quantification of mechanical properties in healthy Achilles tendon using continuous shear wave elastography: a reliability and validation study. Ultrasound Med Biol. 2019;45(7):1574-85.
129. Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. Psychol Bull. 1979;86(2):420.
130. Hsiao M-Y, Chen Y-C, Lin C-Y, Chen W-S, Wang T-G. Reduced patellar tendon elasticity with aging: in vivo assessment by shear wave elastography. Ultrasound Med Biol. 2015;41(11):2899-905.
131. Kot BCW, Zhang ZJ, Lee AWC, Leung VYF, Fu SN. Elastic modulus of muscle and tendon with shear wave ultrasound elastography: variations with different technical settings. PLoS One. 2012;7(8):e44348.
132. Zhang C, Duan L, Liu Q, Zhang W. Application of shear wave elastography and B-mode ultrasound in patellar tendinopathy after extracorporeal shockwave therapy. Journal of Medical Ultrasonics. 2019:1-8.
133. Zhang Z, Ng G, Fu S. Effects of habitual loading on patellar tendon mechanical and morphological properties in basketball and volleyball players. Eur J Appl Physiol. 2015;115(11):2263-9.
134. Taş S, Onur MR, Yılmaz S, Soylu AR, Korkusuz F. Shear wave elastography is a reliable and repeatable method for measuring the elastic modulus of the rectus femoris muscle and patellar tendon. J Ultrasound Med. 2017;36(3):565-70.
135. Porta F, Damjanov N, Galluccio F, Iagnocco A, Matucci-Cerinic M. Ultrasound elastography is a reproducible and feasible tool for the evaluation of the patellar tendon in healthy subjects. Int J Rheum Dis. 2014;17(7):762-6.
136. Coombes B, Tucker K, Vicenzino B, Vuvan V, Mellor R, Heales L, et al. Achilles and patellar tendinopathy display opposite changes in elastic properties: a shear wave elastography study. Scand J Med Sci Sports. 2018;28(3):1201-8.
137. Zhang ZJ, Ng GY-f, Lee WC, Fu SN. Changes in morphological and elastic properties of patellar tendon in athletes with unilateral patellar tendinopathy and their relationships with pain and functional disability. PLoS One. 2014;9(10):e108337.
138. Breda SJ, van der Vlist A, de Vos R-J, Krestin GP, Oei EH. The association between patellar tendon stiffness measured with shear-wave elastography and patellar tendinopathy—a case-control study. Eur Radiol. 2020.
139. Prado-Costa R, Rebelo J, Monteiro-Barroso J, Preto AS. Ultrasound elastography: compression elastography and shear-wave elastography in the assessment of tendon injury. Insights into Imaging. 2018;9(5):791-814.
140. Dirrichs T, Quack V, Gatz M, Tingart M, Rath B, Betsch M, et al. Shear wave elastography (SWE) for monitoring of treatment of tendinopathies: a double-blinded, longitudinal clinical study. Acad Radiol. 2018;25(3):265-72.
141. Sugiyama T, Kameda M, Kageyama M, Kiba K, Kanehisa H, Maeda A. Asymmetry between the dominant and non-dominant legs in the kinematics of the lower extremities during a running single leg jump in collegiate basketball players. J Sports Sci Med. 2014;13(4):951.

142. Ekstrand J, Hägglund M, Waldén M. Injury incidence and injury patterns in professional football: the UEFA injury study. Br J Sports Med. 2011;45(7):553-8.
143. van Wilgen P, Van der Noord R, Zwerver J. Feasibility and reliability of pain pressure threshold measurements in patellar tendinopathy. J Sci Med Sport. 2011;14(6):477-81.
144. Pelka EZ, Williams A, McLaughlin D, Gadola C, Slattery E, Claytor R. COMPARISON OF CONCENTRIC MOVEMENT VELOCITY WITH PUSH BAND 2.0 AND VICON MOTION CAPTURE DURING RESISTANCE EXERCISES. ISBS Proceedings Archive. 2020;38(1):252.
145. Watkins CM, Maunder E, Tillaar Rvd, Oranchuk DJ. Concurrent Validity and Reliability of Three Ultra-Portable Vertical Jump Assessment Technologies. Sensors. 2020;20(24):7240.
146. Steinman D, Shirley M, Fuller M, Reyes C. Validity and Reliability of Devices Measuring Countermovement Vertical Jump Performance. 2019.
147. Lake JP, Augustus S, Austin K, Mundy P, McMahon JJ, Comfort P, et al. The validity of the push band 2.0 during vertical jump performance. Sports. 2018;6(4):140.
148. Holm PM, Skou ST, Olesen JL, Mølbak S, Jørgensen H, Skjoldager M, et al. Ultrasonographic assessment of patellar tendon thickness at 16 clinically relevant measurement sites–A study of intra-and interrater reliability. J Bodyw Mov Ther. 2019;23(2):344-51.
149. Lee W, Zhang Z, Masci L, Ng G, Fu SN. Alterations in mechanical properties of the patellar tendon is associated with pain in athletes with patellar tendinopathy. Eur J Appl Physiol. 2017;117(5):1039-45.
150. Keefer Hutchison M, Patterson C, Cuddeford T, Dudley R, Sorenson E, Brumitt J. Low prevalence of patellar tendon abnormality and low incidence of patellar tendinopathy in female collegiate volleyball players. Res Sports Med. 2020;28(2):155-67.
151. Fazekas ML, Sugimoto D, Cianci A, Minor JL, Corrado GD, d'Hemecourt PA. Ultrasound examination and patellar tendinopathy scores in asymptomatic college jumpers. The Physician and sportsmedicine. 2018;46(4):477-84.
152. Van der Worp H, van Ark M, Roerink S, Pepping G-J, van den Akker-Scheek I, Zwerver J. Risk factors for patellar tendinopathy: a systematic review of the literature. Br J Sports Med. 2011;45(5):446-52.
153. Morton S, Williams S, Valle X, Diaz-Cueli D, Malliaras P, Morrissey D. Patellar tendinopathy and potential risk factors: an international database of cases and controls. Clin J Sport Med. 2017;27(5):468-74.
154. Tiemessen IJ, Kuijer PPF, Hulshof CT, Frings-Dresen MH. Risk factors for developing jumper's knee in sport and occupation: a review. BMC Res Notes. 2009;2(1):1-6.
155. Coombes BK, Mendis MD, Hides JA. Evaluation of patellar tendinopathy using the single leg decline squat test: Is pain location important? Physical Therapy in Sport. 2020;46:254-9.
156. Zwerver J, Bredeweg SW, Hof AL. Biomechanical analysis of the single-leg decline squat. Br J Sports Med. 2007;41(4):264-8.
157. Kulig K, Landel R, Chang YJ, Hannanvash N, Reischl S, Song P, et al. Patellar tendon morphology in volleyball athletes with and without patellar tendinopathy. Scand J Med Sci Sports. 2013;23(2):e81-e8.
158. Hannington M, Docking S, Cook J, Edwards S, Rio E. Self-reported jumpers' knee is common in elite basketball athletes–but is it all patellar tendinopathy? Physical Therapy in Sport. 2020;43:58-64.

159. Helland C, Bojsen-Møller J, Raastad T, Seynnes OR, Moltubakk MM, Jakobsen V, et al. Mechanical properties of the patellar tendon in elite volleyball players with and without patellar tendinopathy. Br J Sports Med. 2013;47(13):862-8.
160. Siegmund JA, Huxel KC, Swanik CB. Compensatory mechanisms in basketball players with jumper's knee. Journal of sport rehabilitation. 2008;17(4):358-71.
161. Lian Ø, Engebretsen L, Øvrebø RV, Bahr R. Characteristics of the leg extensors in male volleyball players with jumper's knee. The American Journal of Sports Medicine. 1996;24(3):380-5.
162. Gaida JE, Cook JL, Bass S, Austen S, Kiss Z. Are unilateral and bilateral patellar tendinopathy distinguished by differences in anthropometry, body composition, or muscle strength in elite female basketball players? Br J Sports Med. 2004;38(5):581-5.
163. Silva RS, Nakagawa TH, Ferreira ALG, Garcia LC, Santos JE, Serrao FV. Lower limb strength and flexibility in athletes with and without patellar tendinopathy. Physical Therapy in Sport. 2016;20:19-25.
164. Crossley KM, Thancanamootoo K, Metcalf BR, Cook JL, Purdam CR, Warden SJ. Clinical features of patellar tendinopathy and their implications for rehabilitation. J Orthop Res. 2007;25(9):1164-75.
165. Wiesinger H-P, Seynnes OR, Kösters A, Müller E, Rieder F. Mechanical and material tendon properties in patients with proximal patellar tendinopathy. Front Physiol. 2020;11:704.
166. Witvrouw E, Bellemans J, Lysens R, Danneels L, Cambier D. Intrinsic risk factors for the development of patellar tendinitis in an athletic population: a two-year prospective study. The American journal of sports medicine. 2001;29(2):190-5.
167. Couppé C, Kongsgaard M, Aagaard P, Vinther A, Boesen M, Kjaer M, et al. Differences in tendon properties in elite badminton players with or without patellar tendinopathy. Scand J Med Sci Sports. 2013;23(2):e89-e95.
168. Sunding K, Fahlström M, Werner S, Forssblad M, Willberg L. Evaluation of Achilles and patellar tendinopathy with greyscale ultrasound and colour Doppler: using a four-grade scale. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2016;24(6):1988-96.
169. Cook JL, Malliaras P, De Luca J, Ptasznik R, Morris ME, Goldie P. Neovascularization and pain in abnormal patellar tendons of active jumping athletes. Clin J Sport Med. 2004;14(5):296-9.
170. Zanetti M, Metzdorf A, Kundert H-P, Zollinger H, Vienne P, Seifert B, et al. Achilles tendons: clinical relevance of neovascularization diagnosed with power Doppler US. Radiology. 2003;227(2):556-60.
171. Terslev L, Qvistgaard E, Torp-Pedersen S, Laetgaard J, Danneskiold-Samsøe B, Bliddal H. Ultrasound and Power Doppler findings in jumper's knee—preliminary observations. Eur J Ultrasound. 2001;13(3):183-9.
172. Comin J, Cook JL, Malliaras P, McCormack M, Calleja M, Clarke A, et al. The prevalence and clinical significance of sonographic tendon abnormalities in asymptomatic ballet dancers: a 24-month longitudinal study. Br J Sports Med. 2013;47(2):89-92.
173. Fredberg U, Bolvig L, Andersen NT. Prophylactic training in asymptomatic soccer players with ultrasonographic abnormalities in Achilles and patellar tendons: the Danish Super League Study. The American journal of sports medicine. 2008;36(3):451-60.

174. Cook JL, Khan KM, Kiss ZS, Purdam CR, Griffiths L. Prospective imaging study of asymptomatic patellar tendinopathy in elite junior basketball players. J Ultrasound Med. 2000;19(7):473-9.
175. Dirrichs T, Quack V, Gatz M, Tingart M, Kuhl CK, Schrading S. Shear wave elastography (SWE) for the evaluation of patients with tendinopathies. Acad Radiol. 2016;23(10):1204-13.