T.C.
Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi
Radyoloji Anabilim Dalı

BİLGİSAYAR TOMOGRAFİ DESTEKLİ VÜCUT YAĞ KÜTLESİ ÖLÇÜMÜ VE MENİSKÜS YIRTIKLARIYLA KORELASYONU

Dr. Hasan ABBASGULİYEV

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Fatih ALPER

ERZURUM-2024

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ TEZ SINAVI TUTANAĞI

I. UZMANLIK ÖĞRENCİSİ ve TEZİ İLE İLGİLİ BİLGİLER

Adı, Soyadı : Dr. Hasan ABBASGULİYEV

Ana Bilim Dalı : Radyoloji

Tez Danışmanı ve Atanma Tarihi: Prof. Dr. Fatih ALPER / 21.03.2024

Sınav tarihi: 11 / 09 / 2024

Tezin Konusu ve Başlığı : Bilgisayar Tomografi Destekli Vücut Yağ-Kas Kütlesi Ölçümü ve Menisküs Yırtıklarıyla Korelasyonu

Belirlenme Tarihi : 21.03.2024

Tezin Niteliği : ☒ Tıpta Uzmanlık Tezi
☒ Klinik Çalışmalar () Prospektif (x) Retrospektif ( ) Kesitsel
☐ Laboratuvar Çalışmaları ( ) Invitro (Cansız) Çalışmaları ( ) Hayvan Çalışmaları

Tez Sınavının Nasıl Yapıldığı: ☒ Yüz yüze katılım sağlanarak ☐ Online (Jürinin teşkil edilmesinde kurum dışından belirlenecek olan jüri üyesi, aynı il sınırları içerisinde bulunmadığından, tez sınavı dijital ortamda yapılmıştır.)

II. KARAR

Tıpta ve Diş Hekimliğinde Uzmanlık Eğitimi Yönetmeliğinin 19. maddesi gereğince yapılan tez savunma sınavının tamamlanması sonucunda adı geçenin tezinin, jüri üyelerince "Tıpta Uzmanlık Tezi" olarak;

☒ Kabulüne

1.Tez Sınavı ☐ Reddine (Eksikliklerin tamamlanması ve gerekli düzeltmelerin yapılması için uzmanlık öğrencisine, TUEY'nin 19. Maddesinin 6. fıkrası gereğince altı aylık ek bir süre verilmesine)

2.Tez Sınavı ☐ Reddine (TUEY'nin 19. Maddesinin 7. fıkrası gereğince, uzmanlık öğrencisinin uzmanlık öğrenciliği ile ilişiğinin kesilmesine)

☒ Oy birliği ☐ Oy çokluğu ile karar verilmiştir.

III. AÇIKLAMALAR

IV. JÜRİ ÜYELERİ

	Unvanı Adı Soyadı	Uzmanlık Dalı	Kurum Bilgisi	İmza
Jüri Başkanı	Prof. Dr. Fatih ALPER	Radyoloji	Atatürk Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Doç. Dr. Fadime GÜVEN	Radyoloji	Atatürk Üniversitesi	
Jüri Üyesi	Dr. Öğr. Üyesi Fahri AYDIN	Radyoloji	Atatürk Üniversitesi	

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER ..... **i**
TABLOLAR DİZİNİ ..... **iii**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **iv**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **v**
TEŞEKKÜR ..... **vi**
ÖZET ..... **vii**
ABSTRACT ..... **ix**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL BİLGİLER **3**
2.1. Diz Eklem Anatomisi 3
2.1.1. Menisküs 4
2.1.2. Menisküsün Biyomekanik Fonksiyonu 5
2.1.3. Menisküs Hasarları ve Sınıflandırması 9
2.1.4. Menisküs Hasarlarında Görüntüleme Yöntemleri 10
2.2. Vücut Kitle İndeksi ve Kullanımı 12
2.2.1. Vücut Kitle İndeksi için Alternatif Metotlar 13
2.3. Vücut Yağ Dağılımı 14
2.3.1. Kesitsel İnceleme ile Vücut Yağ Kitle Ölçümü 16
2.3.2. Adipoz Dokunun Biyomekanik ve Metabolik Etkileri 16
3. MATERYAL METOD **18**
3.1. Hasta Seçimi 18
3.2. Diz Manyetik Rezonans Görüntüleme 20
3.3. Görüntülerin Analizi 21
3.4. İstatistiksel Analiz 26
4. BULGULAR **27**
5. TARTIŞMA **32**
6. SONUÇ **36**
KAYNAKÇA **38**

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 1. Dünya Sağlık Örgütü Vücut Kitle İndeksi değerleri 13
Tablo 2. İnsan vücudunda adipoz doku dağılımı ve örnekleri 15
Tablo 3. Dahil edilme ve dışlama kriterleri 19
Tablo 4. Diz MRG protokol parametreleri 20
Tablo 5. Çalışma grubu hastalarının VKİ gruplarına göre dağılımı 27
Tablo 6. Diz MRG görüntülerinde etkilenen bölgelerin dağılımı 29
Tablo 7. Menisküslerde MRG hasar derecelerinin dağılımı 30
Tablo 8. Medial menisküs ile VKİ ve SCAT arasındaki istatiksel analiz 30
Tablo 9. Lateral menisküs ile VKİ, VAT ve SCAT arasındaki analiz 31

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Medial ve lateral menisküs bölgeleri ve ilgili anatomik ilişkisi 5
Şekil 2. Menisküs anterior ve posterior bağlantıları 6
Şekil 3. Menisküs mikro mimarisi 8
Şekil 4. Menisküs hasarının ISAKOS sınıflandırması 10
Şekil 5. Menisküs hasarının MRG sınıflandırması 11
Şekil 6. Kontrastsız Diz MRG Evre 1 22
Şekil 7. Kontrastsız Diz MRG Evre 2 22
Şekil 8. Kontrastsız Diz MRG Evre 3 23
Şekil 9. Batın BT yağ kantifikasyon analizi 25
Şekil 10. Vücut kitle indeksi (VKİ) ile SCAT ve VAT dağılımı 28
Şekil 11. VKİ ile VAT arasındaki korelasyon grafiği 28
Şekil 12. VKİ ile SCAT arasındaki korelasyon grafiği 29

KISALTMALAR DİZİNİ

AÇB	Arka Çapraz Bağ
BT	Bilgisayarlı tomografi
DEXA	Dual Enerji X-ray Absorptiometre
DSÖ	Dünya Sağlık Örgütü
LM	Lateral menisküs
MM	Medial menisküs
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
ÖÇB	Ön Çapraz Bağ
PÇB	Posterior Çapraz Bağ
SCAT	Subkutan Adipoz Doku
T1AG	T1 ağırlıklı görüntü
T2AG	T2 ağırlıklı görüntü
USG	Ultrasonografi
VAT	Visseral Adipoz Doku
VKİ	Vücut Kitle İndeksi

TEŞEKKÜR

Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalında uzmanlık eğitimimi aldığım 2019-2024 yılları arasında katkılarını şükranla anacağım başta Anabilim dalı başkanımız Sayın Prof. Dr. Fatih ALPER olmak üzere değerli hocalarım Prof. Dr. Adem KARAMAN, Doç. Dr. Bahar YILMAZ ÇANKAYA, Prof. Dr. Recep SADE, Prof. Dr. Suat EREN, Prof. Dr. Ümmügülsüm BAYRAKTUTAN, Doç. Dr. Elif GÖZGEÇ, Doç. Dr. Fadime GÜVEN'e teşekkür ederim.

Tezimin hazırlanması sürecinde tecrübelerini ve katkılarını esirgemeyen tez danışmanım Prof. Dr. Fatih ALPER ve Doç. Dr. Ahmet YALÇIN'a ayrıca teşekkür ederim.

Birlikte çalıştığımız araştırma görevlisi arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Bugünlere gelmemde büyük emekleri olan, her türlü fedakarlığı ve özveriyi gösteren aileme ve en yakın arkadaşlarıma minnet ve teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Hasan Abbasguliyev

ÖZET

BİLGİSAYAR TOMOGRAFİ DESTEKLİ VÜCUT YAĞ KÜTLESİ ÖLÇÜMÜ VE MENİSKÜS YIRTIKLARIYLA KORELASYONU

Amaç: Çalışmamızın amacı bilgisayarlı tomografi tabanlı batın içi adipoz dokusunu kuantifiye etmek ve bunu vücut kitle indeksi ile olan ilişkisini ortaya koymaktır. Aynı zamanda bu çalışma grubunda diz manyetik rezonans görüntülerinde menisküs hasarı ile hem VKİ hem de intrabdominal yağ kitlesi arasındaki ilişkiyi değerlendirmektir. Gruplar arası ilişkiyi otomatik intraabdominal yağ kitlesi ölçüm yapılan veriler ile kıyaslamak ve bu tip otomatik ölçümlerin yeniden üretilebilirliğini ve kullanım için uygunluğunu ortaya koymaktır.

Materyal Metod: 2010 Ocak-2023 Aralık tarihleri arasında Atatürk Üniversitesi Araştırma Hastanesi hasta arşiv kayıt sisteminde başka sebeplerle (acil endikasyon vb.) kontrastlı veya kontrastsız batın tomografi (BT) çekimi olan ve BT çekiminden en az 1 yıl içerisinde (ileriye veya geriye dönük ya da mevcutsa eşzamanlı çekilen) diz menisküs hasarı için 3 Tesla Manyetik Rezonans Görüntülemesi (MRG) mevcut olan hastaların verileri taranması hedeflendi.

Hastaların vücut kitle indeksi (VKİ) sistemde mevcut bilgilerden elde olunacaktır. Bu veriler 4 farklı grup şeklinde analiz edilmesi düşünüldü (1= düşük, 2= normal, 3= kilolu, 4= obez).

Diz MRG görüntüleri analiz edilip her bir dizde medial ve lateral menisküslerin T2 ağırlıklı görüntülerde sinyal değişiklikleri 5 farklı evrede değerlendirilmesi hedeflendi (Evre 1, 2a, 2b, 2c, 3).

Çalışma grubu hastaların cilt altı (subkutan) ve batın içi (visseral) adipoz dokusu 3D Slicer programı (versiyon 4.10.2 https://www.slicer.org) kullanılarak volümetrik olarak hesaplanması ve değerler SCAT (subkutan adipoz doku) ve VAT (visseral

adipoz doku) olarak kaydedilmesi hedeflendi. VAT ve SCAT değerleri hem VKİ hem de menisküs hasar dereceleri ile analizi yapılması amaçlandı. İstatistiksel sonuçların anlamlılığı $p<0.05$ düzeyinde değerlendirildi.

Bulgular: Çalışmada değerlendirilen 41 hastanın %51'i (n = 21) erkek, %49'u (n = 20) kadın ve ortalama yaş 30±9 idi. Hastaların ortalama vücut kitle indeksi 25.9±4.6 olarak saptandı.

Batın içi ve cilt altı volümetrik yağ değerlendirmelerinde ortalama cilt altı adipoz doku (SCAT) volümü 260.31±145.74; batın içi adipoz doku (VAT) volümü 315.74±226.96 olarak saptandı.

VAT ile VKİ arasında negatif korelasyon bulunmuş olup (r= -0.3, p= 0.01) SCAT ile VKİ arasında herhangi bir korelasyon saptanmadı (r= 0.2, p= 0.8).

Medial menisküs (MM) hasar derecesi ile VKİ arasında pozitif sıkı korelasyon bulundu (r= 0.7, p =0.01). Ancak SCAT ile MM hasarı arasında istatiksel olarak anlamlı fark ve korelasyon bulunmamıştır.

Lateral menisküs hasarı ile hem VKİ hem SCAT hem de VAT arasında istatiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (sırasıyla, p = 0.6, p= 0.8, p= 0.8).

Sonuç: Bu çalışma VAT, VKİ ve medial menisküs hasarı arasında ilişkiyi araştıran öncü çalışmadır ve VAT'ın VKİ gibi bir endeks olarak kullanılmasının yaygınlaştırılması için daha büyük ölçekli ve kıyaslamalı çalışmalara ihtiyacı olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Manyetik Rezonns Görüntüleme, Menisküs, Obezite, Bilgisayarlı Tomografi, Visseral Adipoz Doku, Subkutan Adipoz Doku

ABSTRACT

CT-based Body Adipose Tissue Quantification and Correlation with MRI-based Meniscal Tears

Aim: In our study, to quantify intra-abdominal/visceral fat measurement (adipose tissue) supported by computed tomography and reveal its relationship with body mass index. At the same time, to evaluate the relationship between meniscus damage and BMI and intrabdominal fat mass in knee magnetic resonance images in this study group. To compare the relationship between groups with data from automatic intra-abdominal fat mass measurements and to demonstrate the reproducibility and suitability of such automatic measurements for use.

Material & Method: From January 2010 through December 2023, patients who had an abdominal tomography (CT) scan with or without contrast agents for other reasons (emergency, etc.) in the Atatürk University Research Hospital patient archive record system along with opportunistic knee Magnetic Resonance Imaging (MRI) of the knee within at least 1 year from the period CT imaging were retrieved. The final sample size was selected upon a thorough analysis based on inclusion vs. exclusion criteria.

The body mass index (BMI) of the patients is obtained from the information available in the patient data system. These data are analyzed in 4 different groups (1 = low, 2 = normal, 3 = overweight, 4 = obese).

Knee MRI images are analyzed and signal changes in T2-weighted images of the medial and lateral meniscus of each knee were recorded in 5 different stages (Stage 1, 2a, 2b, 2c, 3).

Subcutaneous and visceral adipose tissue of the study group patients are calculated volumetrically using the 3D Slicer program and the values are recorded as SCAT and VAT, respectively. VAT and SCAT values are analyzed with both BMI and meniscus damage degrees. The significance of statistical results was evaluated at the $p<0.05$ level.

Results: Of the 41 patients evaluated in the study, 51% (n = 21) were male, 49% (n = 20) were female, and the mean age was 30±9. The mean body mass index of the patients was determined as 25.9±4.6.

In the intra-abdominal and subcutaneous volumetric fat evaluations, the mean subcutaneous adipose tissue (SCAT) volume was determined as 260.31±145.74; visceral adipose tissue (VAT) volume was determined as 315.74±226.96.

A negative correlation was found between VAT and BMI (r= -0.3, p= 0.01), and no correlation was found between SCAT and BMI (r= 0.2, p= 0.8).

A positive tight correlation was found between the degree of medial meniscus (MM) damage and BMI (r= 0.7, p =0.01). However, no statistically significant difference or correlation was found between SCAT and MM damage.

There was no statistically significant difference between lateral meniscus damage and both BMI, SCAT, and VAT values (p = 0.6, p = 0.8, p = 0.8, respectively).

Conclusion: This study is a pioneer in investigating the relationship between VAT, BMI, and medial meniscus damage and shows that larger scale and comparative studies are needed to expand the use of VAT as an index like BMI.

Keywords: Magnetic Resonance Imaging, Meniscus, Obesity, Computed Tomography, Visceral Adipose Tissue, Subcutaneous Adipose Tissue

1. GİRİŞ

Obezite son yıllarda metabolik sendrom, kardiyovasküler hastalıklar, tip 2 diyabet, osteoartrit gibi kas-iskelet sistemi bozuklukları ve bazı kanserler dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere çok çeşitli hastalıklara bağlı nedensel bir kronik hastalık olarak kabul edilmeye başlanmıştır [1]. Vücut yağ kütlesini ölçmek için Quetelet indeksi veya vücut kitle indeksi (VKİ) gibi çeşitli yöntemler mevcuttur. Her ne kadar VKİ, vücut yağının ölçülmesi için uygun ve kullanımı kolay bir yöntem olsa da tıp literatüründeki son veriler, vücut yağ kütlesinin kesin ölçüsünü belirlemenin doğruluğu konusunda şüphe uyandırmaktadır; bu, bir dereceye kadar makuldür çünkü VKİ, bir tarama yöntemidir. Bu araç kişinin cinsiyetini, kas kütlesini, kemik yoğunluğunu hesaba katmaz.

Vücut kitle indeksi menisküs yırtığı için orta düzeyde bir risk faktörü olarak kabul edilse dahi popülasyona dayalı çalışmalarda hem dejenerasyona hem de ameliyat sonrası komplikasyona beklenenden daha fazla katkı sağladığını gösteren giderek artan sayıda kanıt bulunmaktadır. Thein ve arkadaşlarının çalışmasında, obez ve aşırı kilolu yetişkinler de dahil olmak üzere her iki cinsiyette de VKİ ile menisküs hasarı arasında anlamlı ilişki gösterilmiştir [2]. Benzer şekilde, osteoartrit girişimi çalışması (Osteoarthiritis Initiative Study Group) da dahil olmak üzere birçok çalışmada obezitenin, diz anormalliklerinin artan prevalansı ve ciddiyeti üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur [3-7].

Son yıllarda yapılan çalışmalar, obez ve aşırı kilolu yetişkinlerde her iki cinsiyette de VKİ ile menisküs ameliyatları arasında anlamlı ilişki gösterilmiştir [8]. Benzer şekilde obezitenin, diz anormalliklerinin artan prevalansı ve ciddiyeti üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur [9-19].

Bu tez çalışmasının amacı bilgisayarlı tomografi çekimi bulunan hastalarda visseral (VAT) ve subkutan (SCAT) adipoz dokusunu kuantifiye etmek ve bunu vücut kitle indeksi ile olan ilişkisini ortaya koymaktır. Çalışmanın diğer amacı VAT ve SCAT değerlerinin menisküs yırtıklarıve VKİ ile arasındaki ilişkisini ortaya koymaktır.

Ayrıca gruplar arası ilişkiyi otomatik intraabdominal yağ kitlesi ölçüm yapılan veriler ile kıyaslamak ve bu tip otomatik ölçümlerin yeniden üretilebilirliğini ve kullanım için uygunluğunu ortaya koymaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Diz Eklem Anatomisi

İlk olarak Bland Sutton tarafından 1897 yılında "eklem içi bacak kaslarının işlevsiz kalıntısı" olarak tanımlanan menisküsler, günümüzde diz ekleminin fonksiyonunu ve işlevselliğini belirleyen en önemli anatomik yapılardan biri olarak kabul edilmektedir [20]. Bu nedenle menisküs anatomisinin bilinmesi, menisküsün hasarlarının erken tespit ve tedavisi ve en önemlisi erken diz osteoartritinin önlenmesinde anahtar role sahiptir.

Tüm memeli canlılarda olduğu gibi bir takım anatomik ve biyomekanik farklılıklar olmasına rağmen insan diz eklemi, esas olarak fleksiyon ve ekstansiyon (ve az miktarda medial ve lateral rotasyona) izin veren, menteşe tipi (hinge) görevini yapan sinovyal eklemdir. Diz eklemi patella, femur ve tibia kemikleri arasında tibiofemoral ve patellofemoral olmak üzere iki eklemden oluşur. Eklem yüzeyleri hiyalin kıkırdak ile kaplıdır ve tek bir eklem boşluğu içinde yer alır. Diz ekleminin kanlanması, femoral ve popliteal arterlerin geniküler dalları tarafından sağlanan diz çevresindeki geniküler anastomozlar yoluyla sağlanır. Hilton yasasına göre sinirlerin beslenmesi, eklemi geçen kasları besleyen sinirler tarafından sağlanır. Bunlar femoral, tibial ve ortak fibular sinirlerdir [21].

Diz eklemini destekleyen başlıca ligamanlar patellar ligaman, kollateral ligaman ve çapraz bağlardır. Kollateral ligaman medial ve lateral olmak üzere femur ile tibia arasında uzanmakta ve dizin menteşe hareketini stabilize ederek aşırı medial veya lateral hareketi önlemektedir. Çapraz bağlar ise ön (anterior) ve arka (posterior) olmak üzere diz ekleminde ileri fleksiyon ve ekstansiyon hareketlerinde tibianın femur üzerine öne veya arkaya doğru çıkmasını önlemektedirler. Patellar ligaman ise kuadriseps femoris tendonunun devamı olup distalde tibial tüberoziteye bağlanmaktadır [22].

Vücudun diğer eklemlerinde olduğu gibi diz ekleminde de hareket sırasında tendonlar, kemik ve cilt arasındaki sürtünmeyi azaltma işlevi gören içerisinde az miktarda sinovyal sıvı barındıran kese benzeri yapılar bulunmaktadır. Bu yapılar bursa olarak adlanmaktadır ve diz ekleminde dört

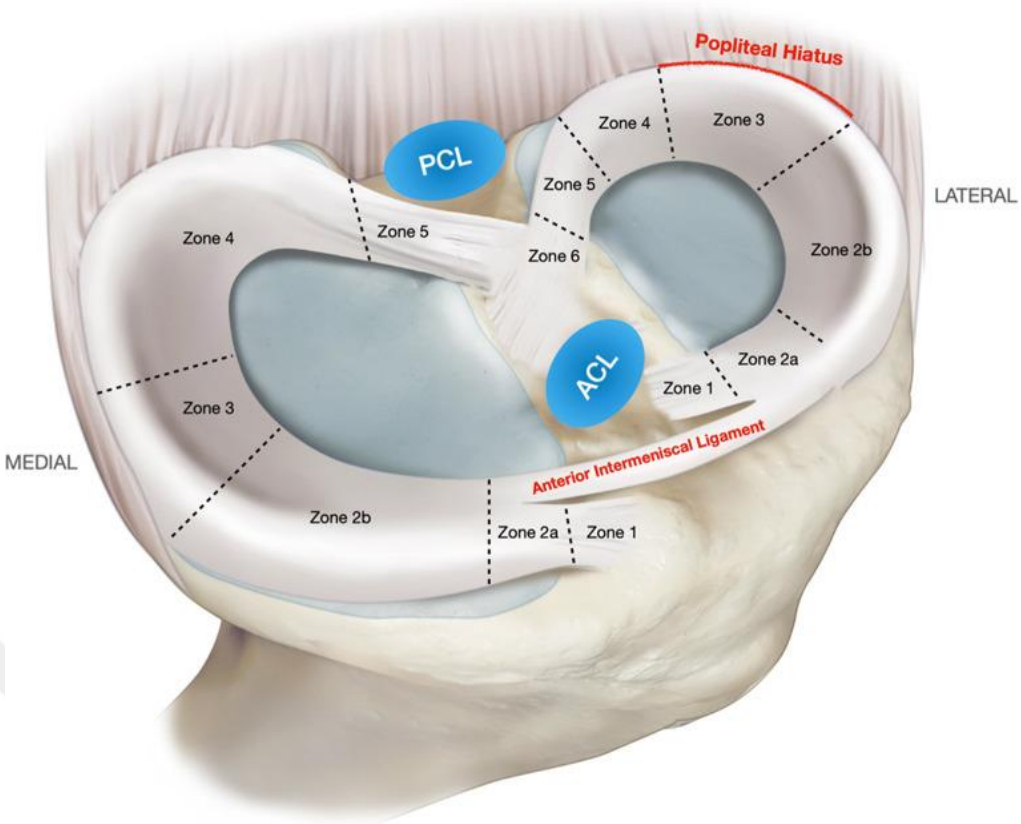
ana bursa bulunur: Suprapatellar, Prepatellar, Infrapatellar ve Semimembranozus bursa.

Diz ekleminde iki menisküs bulunmaktadır: medial (iç) ve lateral (dış). Medial ve lateral menisküsler diz eklemi içinde yer alan C şeklinde fibrokartilaj halkalardır. İki ana işleve hizmet ederler: Tibianın eklem yüzeyini derinleştirerek eklemin stabilitesini artırmak ve eklem boyunca iletilen kuvvetleri farklı noktalara dağıtmak için yüzey alanını genişleterek bir nevi amortisör görevi görmek [22].

2.1.1. Menisküs

Medial menisküs medial tibial kondilin eklem yüzeyinin %60'ına kadarını kaplar ve medial kompartımandaki yük dağılımına yardımcı olur. Medial menisküs C şeklindedir ve lateral menisküsten daha büyük bir yarıçapa sahiptir. Medial menisküsün ön boynuzu (anterior horn), ön çapraz bağın hemen önünde tibiaya sıkı bir şekilde yapışıktır. Arka boynuz (posterior horn) arka çapraz bağ bitişiğine bağlanır. Bunlara ilaveten medial menisküs çevresi boyunca eklem kapsülü ile bağlantılıdır ve bir bütün teşkil eder. Ön boynuz bağlantısının şu anda açıklanan dört farklı tipte varyasyona sahip olduğu gösterilmiştir [23].

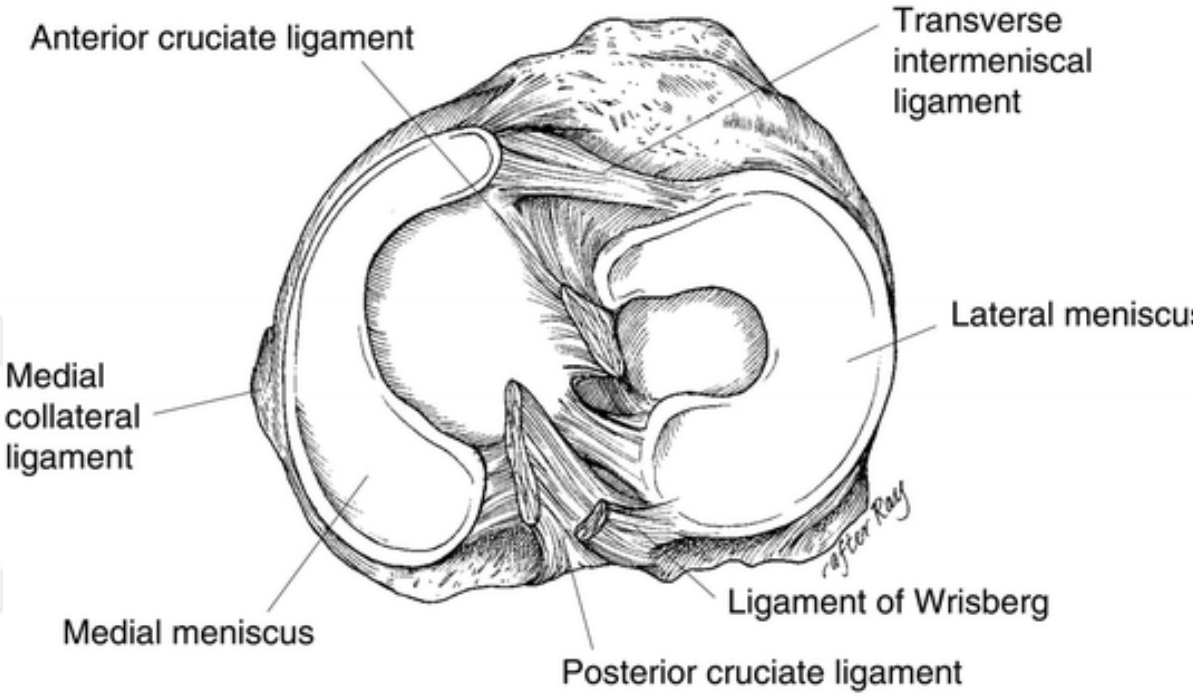
2015 yılında Śmigielski ve ark. medial menisküsün anatomik olarak eşit olmayan beş bölgeye bölünmesini önermişlerdir ve bu yeni sınıflandırmaya göre her bir zonda menisküsü çevredeki yapılara bağlayan benzer anatomi ve aynı bağlar vardır [24]. Ancak klinik kullanımda diz menisküsü temel olarak 3 bölgeye ayrılmaktadır; arka boynuz, gövde ve ön boynuz. Medial menisküsün arka boynuzu ön boynuzdan daha büyük oluyor ve bu da lateral menisküsten morfolojik olarak ayırt edici özelliğidir [25] (Şekil 1).



Şekil 1. Medial ve lateral menisküs bölgeleri ve ilgili anatomik ilişkiler. Mameri ES ve ark. (2022) Curr Rev Musculoskelet Med. (35947336).

Lateral menisküsün ön ve arka bağlantıları, medial menisküsünkinden çok daha yakın seyir gösterdiğinden medial menisküse kıyasla morfolojik olarak bir tür dairesel şekil almaktadır. Lateral menisküsün ön ve arka boynuzları tibiaya sıkı bağlanmaktadır. Lateral menisküsün ön boynuzu ÖÇB'nin bağlanma yerinin yanında, interkondiler çıkıntının anterioruna yapışıkken, arka boynuzun yapışma yeri, lateral tibial omurganın arkasında ve medial menisküsün arka boynuzun yapışma yerinin önünde yer almaktadır. Meniskofemoral bağlar, lateral menisküsün arka boynuzunu medial femoral kondilin lateral kısmına bağlar. Lateral menisküs diz ekleminin ön ve arka kapsülünün büyük bir kısmına yapışık olmasına rağmen popliteus tendonu bölgesinde posterolateralde lateral menisküsün eklem kapsülüne bağlanmadığı bir alan vardır. Bu nedenle lateral menisküs medial menisküse kıyasla daha fazla hareketlidir ve lateral menisküsün medial menisküse göre yırtılmaya daha

az duyarlı olmasının bir nedenidir. Lateral menisküs ayrıca medial menisküsten daha büyüktür ve medial menisküsün medial kompartman için taşıdığından daha önemli bir lateral kompartman basıncı yüzdesini taşır [23] (Şekil 2).



Şekil 2. Menisküs anterior ve posterior bağlantıları.
Pagnani MJ (1995) The Lower Extremity and Spine in Sports Medicine, 2nd ed. St. Louis, MO, Mosby, s. 581–614

2.1.2. Menisküsün Biyomekenaik Fonksiyonu

Menisküsün biyomekanik doğası kapsamlı bir şekilde araştırılmış ve iyi anlaşılmıştır. Menisküsler ağırlıklı olarak su (yaklaşık %65-75) ve kollajenden (%20-25) oluşur; diğer %5'i ise proteoglikanlar, matriks glikoproteinleri ve elastin gibi kollajen olmayan maddelerden oluşur. Kollajen ağ, dokunun

anizotropik özelliği nedeniyle işlevi büyük ölçüde etkileyen karmaşık bir oryantasyona sahiptir.

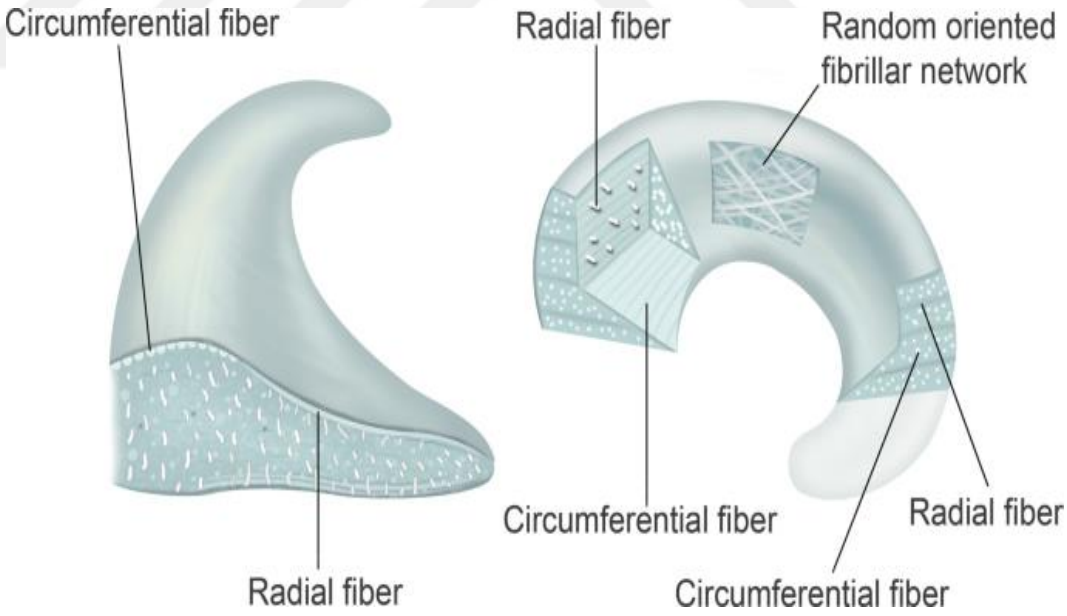
Femoral ve tibial eklem yüzeyleri ile temas halinde olan menisküsün *yüzeysel tabakası* rastgele yönlendirilmiş kolajen ve yüzey sürtünmesini azaltması için kayganlaştırıcı bir proteoglikan katmanından oluşmaktadır. Yüzey tabakasının altında *lamellar tabaka* bulunmaktadır. Bu tabakada ise her menisküsün ön ve arka boynuz bölgelerinde radyal olarak uzanan kollajen lifler ve bu liflerle çeşitli açılarda kesişen iç lifler (internal lifler) bir ağ oluşturmaktadır. Lamellar tabakada ayrıca menisküsün merkezi 'ana' katmanına doğru uzanan dikey lifler de mevcuttur ve bu katmanların derinlerde yer alması iki katman arasında kuvvet aktarımına izin vererek ikisini bir arada tutunmasına yardımcı olmaktadır. Bu dikey liflere ek olarak, merkezi katmanda bulunan ve dikey dallar aracılığıyla lamellar tabaka ile bütünleşebilen radyal şeklinde yönlendirilmiş 'bağlayıcı' lifler vardır (Şekil 3). Bu bağlayıcı radyal lifler merkezi tabakanın iç kısmında bulunur ve çevresel olarak bulunan dairesel yönelimli çevresel kollajen liflerini bağlama/tutma işlevi görür. Çevresel lifler çoğunlukla tip I kollajenden oluşan daha büyük demetlerdir; çoğunluğu menisküsün iç ve dış çevresinde yer alır, çünkü orta kısım daha düzgün kompresyon stresi ve minimum radyal strese maruz kalır. Radyal bağ lifleri, çevresel liflerin bölünmesine direnç gösterme işlevi görür ve menisküslerin kompresyon özelliklerine katkıda bulunabilir. Çevresel lifler eksenel olarak yüklendiğinde büyük çekme veya 'kasnak' gerilimlerine maruz kalır.

İnsan menisküsleri viskoelastik bir malzeme olarak kabul edilir, yani uygulanan yük boyunca hem viskoz hem de elastik özellikler sergilerler. Menisküse bir kompresyon yükü uygulandığında, eksenel bir yük, menisküslerin tibia ve femur üzerindeki bağlantılarına kadar uzanan çevresel liflerinde 'kasnak gerilmelerine' neden olur. Femur aşağı doğru sıkıştıkça, menisküsler kama şekli nedeniyle periferik olarak dışarı doğru çıkarak radyal olarak yönlendirilmiş bir teğetsel kuvvete neden olur. Bu periferik ekstrüzyon ön ve arka menisküs bağlantılarıyla önlenir. Bir sıkıştırma kuvveti uygulandığında çevresel gerilim gelişerek kasnak gerilmelerine neden olur.

Menisküsler hem ön hem de arka kök girişleri boyunca ilerleyen bu çevresel lifler aracılığıyla eksenel yüklerin çekme gerilimlerine dönüştürülmesine dayanır. Bu halka gerilimleri, menisküslerin önemli bir yük dağıtım fonksiyonu olan eklem kıkırdağının geniş bir alanı üzerinde stresin dağılımına izin verir [25].

Gerilme, bir dokuya uygulanan germe kuvveti nedeniyle uzama ile sonuçlanan davranışı ifade eder. Menisküsler gerilme kuvvetlerine maruz kaldığında kollajen lifleri gevşer. Başlangıçta menisküs liflerinin uzaması için az bir germe gücüne ihtiyaç vardır ancak bu güç devam ettikçe liflerde kopma veya yırtılmaya neden olacağı için lifler tam aksine uzayamaz. Menisküslerin kaldırabileceği maksimum yük, nihai germe yükü/gücü olarak adlandırılır.

Eklem konumu hissine aracılık ettiğine inanılan Ruffini sonları ve Golgi tendonlarına ek olarak, eklem hareket hissine aracılık eden (yavaş uyum sağlayan) Pacini cisimcikleri yerleştirilmiştir. Söz konusu mekanoreseptörler çoğunlukla menisküslerin orta ve dış üçte birinde bulunur [23].



Şekil 3. Menisküs mikro mimarisi.

Seo, SS., Lee, IS., Seo, YC. (2021). Structure, Function, and Healing Response of Articular Cartilage and Meniscus. Springer, Singapore, s. 35-54

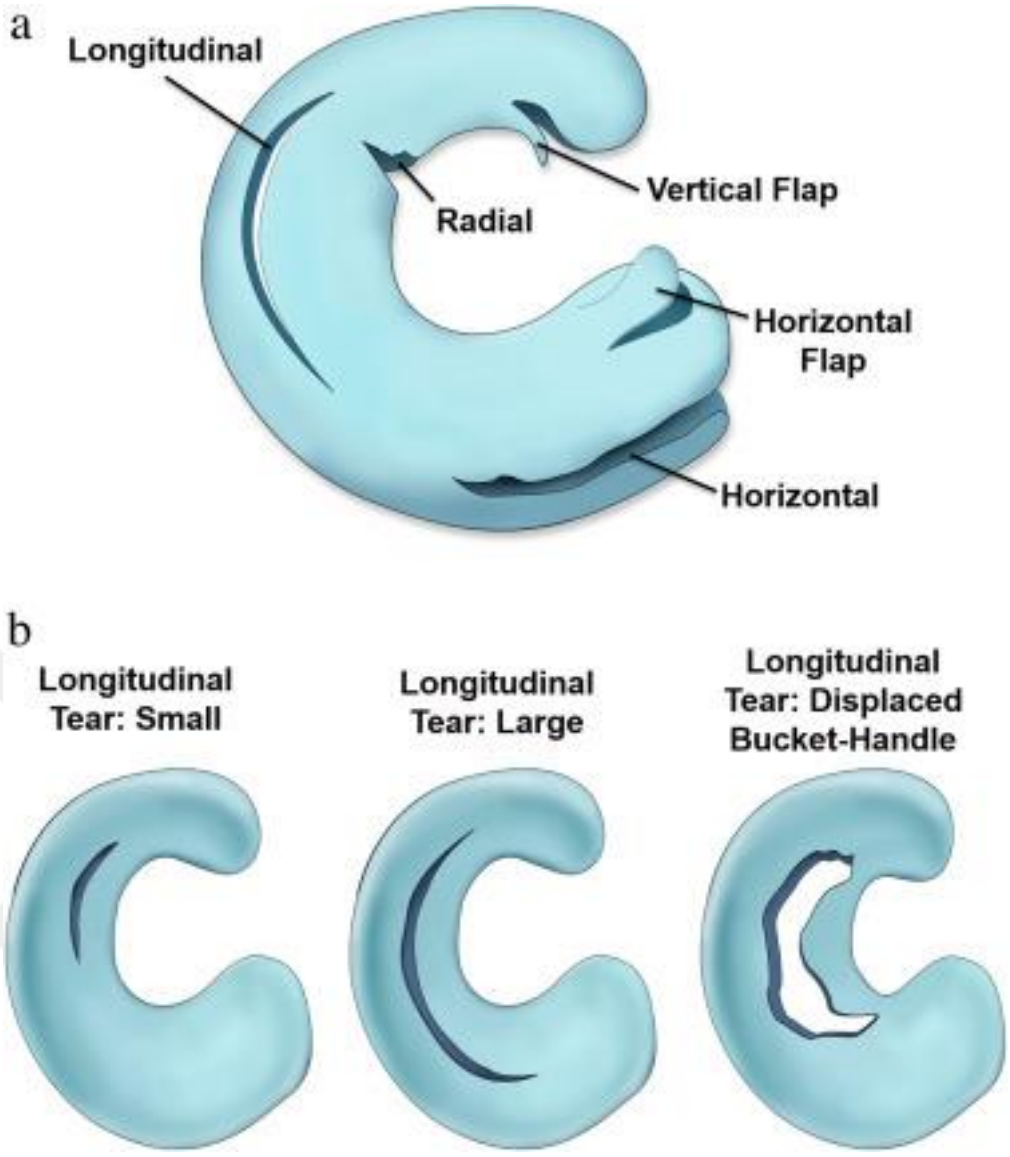
2.1.3. Menisküs Hasarları ve Sınıflandırması

Menisküs yaralanmalarının tanımlanması ve sınıflandırılması hem diz eklem işlevselliğinin korunması hem de tedavi yaklaşımı açısından önem taşımaktadır. Bunların yanı sıra menisküs kanlanması dıştaki menüskosinoviyal bileşkeden içteki katmana gittikçe azaldığından özellikle iç yüzeydeki hasarların onarımı daha güç olmakta ve uzun dönem komplikasyonlara ve nihayetinde osteoartrit gibi eklem dejenerasyonuna zemin hazırlamaktadır.

Klinik muayenede menisküs hasarlarına yönelik birtakım testler (McMurray, Apley, Childress and Steinmann) mevcut ise de bu testlerin çoğu ileri evre hasarları tespit etmede başarılıdır [26]. Bu nedenle hasarların erken tespiti için radyolojik görüntüleme modaliteleri özellikle Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) menisküs değerlendirmede artroskopi ile benzer başarı oranına sahip olduğu için kas iskelet sisteminde sık kullanılan görüntüleme yöntemidir [27].

Travmaya bağlı menisküs yaralanmalarında artroskopi ile değerlendirme önerilse de dejenerasyon zemininde veya minör travmatik yaralanmalarda menisküs hasarının tespiti için MRG kullanılmaktadır.

Tıbbi literatürde yaralanma tipi, hasar gören bölgenin morfolojisi, anatomik lokasyon veya vaskülarite bozulmasını dikkate alan çeşitli menisküs hasar sınıflandırmaları mevcuttur. Bu nedenle menisküs yırtıkları şekline göre radial yırtıklar, flep veya papağan gagası yırtıkları, kova sapı yırtıkları, yatay yırtıkları, dikey yırtıklar, kompleks ve dejeneratif yırtıklar (multiplanar) olarak sınıflandırılabilir. Bu tip morfolojik sınıflandırma ISAKOS sınıflandırmasının bir parçasıdır [28] (Şekil 4).



Şekil 4. Menisküs hasarının ISAKOS sınıflandırması

Wadhwa, Vibhor, ve ark. (2016) European Journal of Radiology, Cilt 85, Sayı 1,15 - 24

2.1.4. Menisküs hasarlarında Görüntüleme Yöntemleri

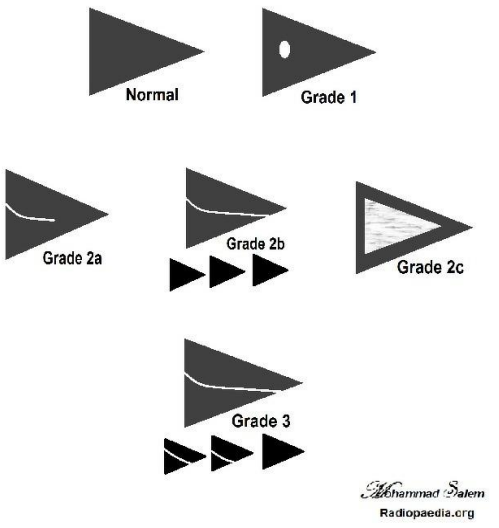
Menisküs hasarını değerlendirmede çeşitli görüntüleme yöntemleri mevcuttur. Direkt radyografi menisküs değerlendirmesi için uygun bir görüntüleme modalitesi sayılmasa da hasara bağlı menisküs kisti veya hasara

eşlik eden travmaya bağlı kemik kırıklarını saptamada kısıtlı olanaklar sunmaktadır [29].

Son yıllarda gelişen teknoloji ile ultrason görüntülemenin artroskopik muayene ile yapılan korele değerlendirmelerde menisküs hasarını saptamada duyarlılık ve özgüllüğü oldukça artmıştır [29].

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) menisküs yaralanmalarını değerlendirmede ilk tercih edilen görüntüleme yöntemidir ve optimal şartlarda standart çekim protokolleri ile altın standart sayılan artoskopiye yakın özgüllük ve duyarlılığa sahiptir [30].

Menisküs yırtıklarının MRG değerlendirmesine üç kural mevcuttur: (1). En az bir eklem yüzeyine (femur veya tibia) uzanımı bulunan yüksek T2 sinyal, (2). İki kesit kuralı (en az iki kesitte yüksek sinyal intansitesinin devamlılığı), (3). Ameliyat öyküsü olmayan olgularda menisküs morfolojisinin bozulması. Bu kurallar rutin MRG görüntü değerlendirmelerinde her zaman saptanmamaktadır ve bu nedenle ortak dil kullanımı açısından ilk defa Lotysch ve ark. tarafından rapor edilmiş ve MRG'de T2 ağırlıklı serilerde menisküs sinyal artımına göre sınıflandırma önerilmiştir [31]. Bu sınıflandırmaya göre 3 evre mevcuttur: Evre I – Menisküs içi küçük sinyal artımı; Evre II – Femur veya tibia eklem yüzeyine uzanımı bulunmayan lineer sinyal artımı; Evre III – Eklem yüzeyine uzanımı bulunan tam kart yırtığı temsil eder (Şekil 5).



Şekil 5. Lotysch ve ark. tarafından bildirilen anormal yüksek menisküs sinyal yoğunluğu için MRG değer derecelendirme sistemi.
Amer M, MRI grading system for meniscal signal intensity (rID-36627)

2.2. Vücut Kitle İndeksi ve Kullanımı

Vücut kitle indeksi (VKİ), yetişkinlerde antropometrik boy/kilo özelliklerini tanımlamak ve bunları gruplar halinde sınıflandırmak için kullanılan bir ölçümdür [32]. Mevcut kabul edilen görüş VKİ bireyin vücut yağ durumunu temsil eden endeks olduğu yönündedir Aynı zamanda çeşitli sağlık sorunlarının gelişmesi veya yaygınlaşması için bir risk faktörü olarak da yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca halk sağlığı politikalarının belirlenmesinde de çeşitli kullanım alanları mevcuttur. VKİ vücut kitlesinin belirli kategorilerinin bir sağlık sorunu olarak tanımlanmasında geniş kabul görmesi nedeniyle toplum temelli çalışmalarda sıklıkla kullanılmaktadır [32]. VKİ, bireyin vücut ağırlığının (kg), boy uzunluğunun (m cinsinden) karesine bölünmesiyle elde edilen bir değerdir.

Vücut Kitle İndeksi = kg / m2

Bu değer Dünya Sağlık Örgütü'nün (DSÖ) VKİ sınıflandırması esas alınarak obeziteyi belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. VKİ boy uzunluğuna göre vücut ağırlığının tahmin edilmesinde kullanılmakta, vücutta yağ dağılımı hakkında bilgi vermemektedir. DSÖ'nün uzman danışma grubunun VKİ baz alınarak 4 kategori oluşturulmuştur: zayıf, normal, kilolu ve obez. Bir kişinin VKİ değeri 15 ila 19.9 arasındaysa zayıf, 20 ila 24.9 arasındaysa normal kilolu, 25 ila 29.9 arasındaysa aşırı kilolu, 30 ila 35 arasındaysa obez olarak kabul edilir. Doğrusal regresyon kullanıldığında, erkeklerde 16.9, kadınlarda ise 13.7'lik bir VKİ değeri, vücut yağ depolarının tamamen yokluğunu temsil eder (Tablo 1) [33].

Tablo 1. Dünya Sağlık Örgütü Vücut Kitle İndeksi değerleri

Düşük kilolu	15-19.9
Normal	20-24.9
Kilolu	25-29.9
Obez Sınıf I	30-34.9
Obez Sınıf II	35-39.9
Obez Sınıf III	≥40

Obezite indeksi olarak VKİ ile ilgili temel sorun bu hesaplama insan vücudundaki yağsız kütle (ör, kas dokusu) ile yağ dokusu arasında ayırımı yapmadan total ağırlık birimi olarak kilogram cinsinden vücut kütlesini hesaba katar. Anatomik ve metabolik açıdan bakıldığında vücut yağ kütlesi insan vücudundaki yağ birikimini (triasilgliserolleri) ifade etmelidir ve bu sebeple bir dizin çalışmada VKİ'nin güvenilirliği sorgulanmıştır [34].

2.2.1. Vücut Kitle İndeksi için Alternatif Metotlar

Vücut kitle indeksi'nin diğer bir sınırlaması vücutta depolanan bölgesel yağ hakkında bilgi vermemesidir. Yağın vücuttaki bölgesel birikim ile metabolik ve mortalite sonuçlarının değerlendirilmesinde önemli bir değişkendir. Bu fikir ilk defa 1940-50'lerde Jon Vague tarafından fark edilmiş ve vücudun alt kısmına kıyasla üst kısmındaki yağ birikiminin, koroner kalp hastalığı, diyabet, safra taşı ve gut riskinin artmasıyla ilişkili olduğu belirtilmiştir [35]. Vücuttaki yağ dağılımı vücudun üst kısmında (karın bölgesi) ortaya çıkıyorsa "*android*", alt kısımda (peripelvik ve kalça) meydana geliyorsa "*jinekoid*" olarak adlandırılmaktadır. Daha sonraki veriler, diyabet ve metabolik sendrom olarak adlandırılan hastalığın yanı sıra koroner kalp hastalığının gelişme riskinin, her iki cinsiyette de alt vücut yağından ziyade üst vücut yağının birikmesiyle daha güçlü bir şekilde ilişkili olduğunu göstermiştir

[36]. Bu dağılımın endeksi olarak da karın çevresi veya karın/kalça çevresi oranı kullanılmaya başlanmıştır.

Şu anda vücut yağ yüzdesini ve özellikle yağın vücuttaki bölgesel dağılımını gösteren dolaylı birkaç yöntem bulunmaktadır: su altında tartım, Bod Pod kullanılarak hava yer değiştirmesi ve yoğunluk belirleme, biyoelektrik empedans analizörü ve izotopik olarak etiketlenmiş su kütlesinin hesaplanması. Bu metotlara ek olarak, Dual Enerji X-ray Absorptiometre (DEXA), kesitsel incelemler (BT, MRG) ve deri kıvrım kalınlığı kullanılmaktadır [35].

2.3. Vücut Yağ Dağılımı

Klasik anatomi organ bazlı bilim olduğu için farklı dokuların organ benzeri işlevi üzerine fazla değinmez. Bu yaklaşım vücut yağ dokusunun (adipoz doku) bir endokrin organ olarak kabulünden sonra değişmiştir [36]. Adipoz dokusu üstlendiği işleve göre fonksiyonel olarak beyaz, kahverengi, meme yağ dokusu ve kemik iliği yağ dokusu olarak sınıflandırmak mümkündür. Ancak bu yaklaşım da biyolojik bir yaklaşımdır ve adipoz dokunun metabolik etkisi hakkında pek fazla bilgi vermez. Bu sebeple, vücutta karın içi (abdominal/visseral) ve cilt altı (subkutan) yağ doku ayrımında radyolojik yaklaşım önem taşımaktadır [37]. İnsan vücudunda adipoz doku ile yağ kütlesi ayrımında 5-basamaklı modeli ilk olarak Wang ZM ve ark. ortaya koymuştur [38]. Bu modele göre neredeyse her zaman birbirinin yerine kullanılan ‘yağ’ ile ‘adipoz doku’ terimleri farklı kavramlardır ve metabolik etkisi açısından aynı vücudun farklı kompozisyonlarıdır ve taksonomik ayrımı önemlidir. Adipoz dokusu büyük ölçüde adiposit hücrelerle dolu ve içerisinde bir miktar diğer bileşenleri (protein, mineral vb.) bulunan gevşek bir bağ dokusudur. Bunun aksine vücut yağ dokusu ise vücuttaki adipoz dokular dahil diğer organlarda olan yağı ifade eder. Örneğin yağlı karaciğer, atrofi zemininde gelişen iskelet kas yağlanması total yağ dokusuna örnektir ve bu yağ dokuları adipoz doku olarak atfedilmemelidir (Tablo 2).

Tablo 2. İnsan vücudunda adipoz doku dağılımı ve örnekleri.

Adipoz doku kompartmanları	**Tanımı**
Total adipoz doku	Kemik iliği, baş, eller ve ayaklar hariç vücuttaki adipoz dokusunun toplamı.
Subkutan adipoz doku	Dermis ile kasların aponevrozları ve fasyaları arasında bulunan tabaka. Meme yağ dokusu dahil.
Yüzeyel subkutan adipoz dokusu	Alt gövde ve gluteal-uyluk bölgesinde cilt ile fasyal düzlem arasında bulunan tabaka.
Derin subkutan adipoz dokusu	Alt gövde ve gluteal-uyluk bölgelerinde kas fasyası ile fasyal düzlem arasında bulunan tabaka.
İnternal adipoz doku	[Toplam adipoz] – [Subkutan adipoz]
Visseral adipoz doku	Göğüs, karın ve pelvis içindeki yağ dokusu.
Visseral dışı adipoz doku	[İnternal adipoz] – [Visseral adipoz]
İntermuskuler adipoz dokusu	Fasyalar arası adipoz dokusu.
Paraosseöz adipoz dokusu	Kas ile kemik arasındaki adipoz doku (ör. paravertebral)
Diğer visseral olmayan adipoz dokular	Orbital yağ dokusu; patolojik durumlarla (örneğin lipom) ilişkili anormal adipoz dokusu.

2.3.1. Kesitsel İnceleme ile Vücut Yağ Kitle Ölçümü

Son yıllarda artan görüntüleme yöntemleri sebebiyle MRG ve BT gibi kesitsel inceleme metotları in vivo yağ doku miktarını ölçmek için araştırma konusu olmuş ve bir takım klinik uygulanabilirliğini öne süren çalışmalar yapılmıştır [39]. Her ne kadar USG'nin cilt altı yağın kalınlığını değerlendirmede doğru bir araç olduğu kanıtlanmış olsa da karın içi (visceral) yağ ölçümünde performansı yetersiz kalmaktadır [40].

Kesitsel incelemenin diğer antropometrik endekslere olan temel üstünlüğü vücuttaki yağ dağılımı ve volümü hakkında ayrıntılı ve güvenilir bilgi vermesidir. İster BT isterse de MRG tabanlı çalışmalarda intrabdominal (visseral) yağ ve cilt altı (subkutan) yağ ayrımı yapılabilmekte ve ölçümler hem tek kesit hem de en az iki kesit volümetrik olarak hesaplanabilmektedir [41]. MRG'nin BT'ye olan temel üstünülüğü radyasyon içermemesidir ancak çekim zamanın uzun olması ve hareket artefaktından kaynaklanan doku örtüşmeleri sebebiyle BT daha güvenilir ve hesaplamalarda doğruluk payı yüksek olan modalitedir. Günümüzde düşük doz BT çekim protokolleri radyasyon dozunu normal direkt grafi ile benzer düzeye indirgemiştir [37].

Kesitsel görüntülemelerde vücut yağ dokusunu hesaplama manuel veya otomatik hesaplama algoritmaları ile mümkündür. Gelişen görüntü işleme teknolojisi ("post-processing") sayesinde BT görüntülerinden otomatik yağ doku analizi birçok farklı metotla yapılmaktadır. Bunlar arasında benzer doku yoğunluğuna dayalı çerçeveleme ("affinity-based framework"), piksel bilgisine dayalı volümetrik görüntüleme ("pixel-based volumetric quantification"), ayırma maskesi algoritması ("seperation mask algorithm"), yapay zekâ algoritmaları ("convolutional neural network-based alogirthm") sayılabilir [37].

2.3.2. Adipoz Dokunun Biyomekanik ve Metabolik Etkileri

Visseral yağ dokusu insan vücudunda çeşitli normal ve patolojik süreçleri etkileyen hormonal olarak aktivitesi bulunan total vücut yağ dokusunun bir bileşenidir. Adipoz dokusu, sistemik glikolizis ve lipid metabolizmasının düzenlenmesinde kritik rol oynar ve endokrin, parakrin ve otokrin fonksiyonlara sahip biyoaktif moleküller salgılar. Özellikle son 20 yılda literatürdeki gideren artan sayıda kanıta dayalı tıp adipoz dokunun kardiyovasküler hastalık, diyabet, ateroseklerоz ve yaşlılık üzerinde olumsuz etkilerini ortaya koymuştur. Bunun yanı sıra yüksek abdominal visseral yağ oranı, ≤ 65 yaş bireylerde tüm nedenlere bağlı ölüm oranlarının artmasıyla ilişkili gösterilmiştir [42].

Obezite heterojen bir hastalıktır. Obez bireylerin vücut yağ dağılımları, metabolik profilleri ve ilişkili kardiyovasküler ve metabolik risk dereceleri farklılık gösterir. Abdominal obezite (VAT) ile cilt altı adipoz doku (SCAT) arasında hem fonksiyonel hem biyolojik hem de radyolojik (dağılım bölgesi) olarak farklılıklar bulunmaktadır. SCAT ile kıyaslandığında VAT değeri yüksek olan bireylerin diyabet ve gelecekte kardiyovasküler hastalıklara yakalanma oranı daha yüksektir. Benzer şekilde, fonksiyonel olarak VAT adipositleri moleküler düzeyde daha aktiftir ve glukokortikoid ile androjen reseptör bakımından zengin olduğu için lipolize karşı duyarlı ancak insüline daha dirençlidirler. Bu da dolaşımdaki serbest yağ asitleri ile trigliseritlerin emilimini arttırmakta böylece VAT adipositlerinde depolanma kapasitesini arttırmaktadır [43].

Obezite ve artmış adipoz dokusu metabolik hastalıkların yanı sıra kas-iskelet sisteminde özellikle eklem dejenerasyonu (osteoartrit) üzerinde yıkıcı etkisi bulunmaktadır [44]. Obezite diz ekleminde radyografik osteoartriti olmayan erken dejeneratif dejişikliklerin ilerlemesinde ve eklem kartilajı ile menisküs hasarlarına diğer risk faktörleri ile birleştiğinde sinerjik etkisi bulunmaktadır [45]. Bu etkilere ek olarak hem menisküs hasarı hem de osteoartrit nedeniyle implant yapılan hastalarda obezite ile ameliyat sonrası iyileşme arasında ters ilişki vardır [8-19].

3. MATERYAL METOD

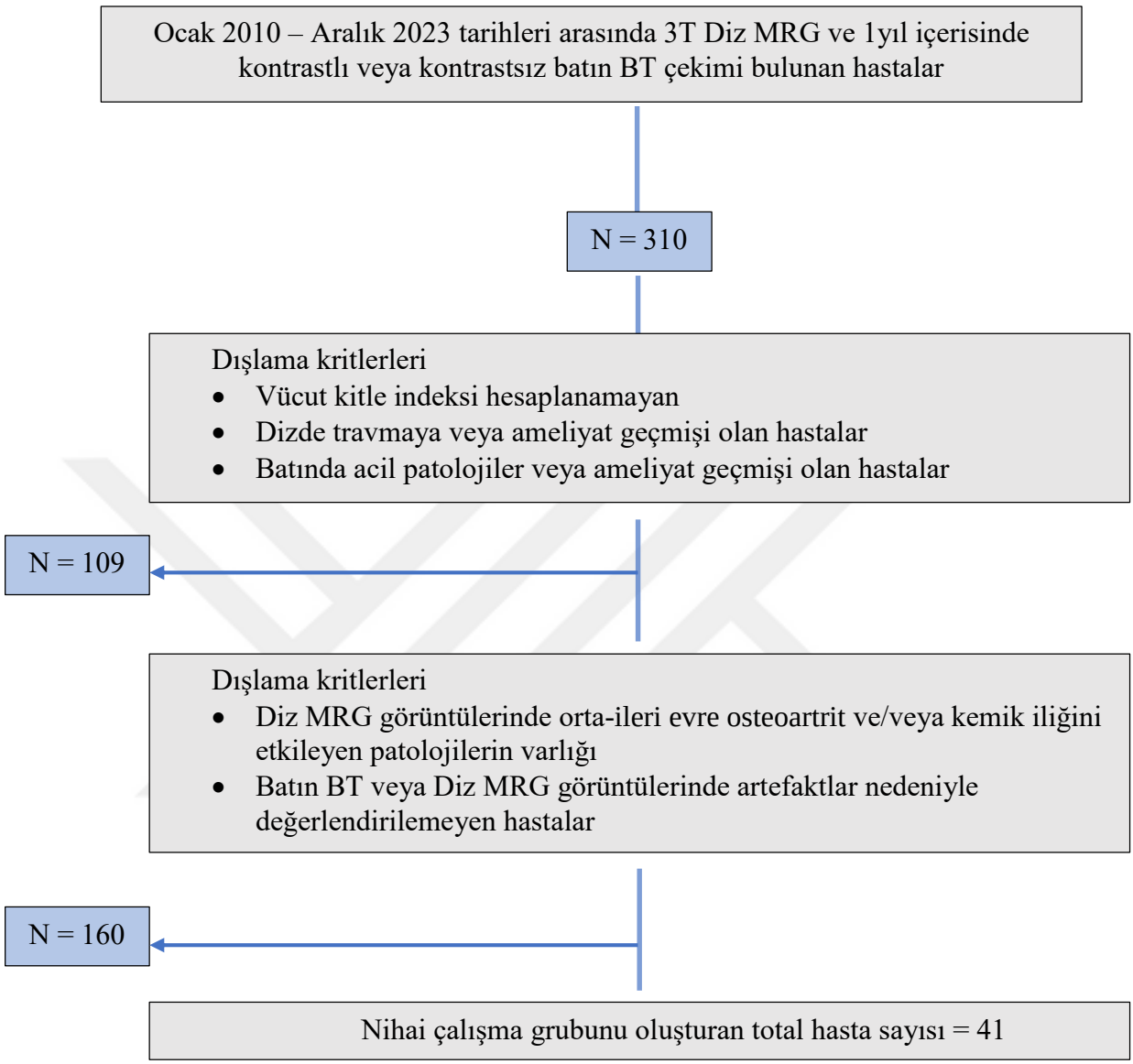
3.1. Hasta Seçimi

Bu çalışma Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu'nun 03.05.2024 tarih ve B.30.2.ATA.0.01.00/306 sayılı kararı ile tez çalışması olarak uygun görülmüş ve onay almıştır.

Ocak 2010 ile Aralık 2023 tarihleri arasında Atatürk Üniversitesi Araştırma Hastanesi Radyoloji kliniğine başvuran 18 yaş ve üzeri hastaların hasta arşiv kayıt sisteminde başka sebeplerle (acil endikasyon vb.) kontrastsız veya kontrastlı batın tomografi (BT) çekimi olan ve BT çekiminden en az 1 yıl içerisinde (ileriye veya geriye dönük ya da mevcutsa eşzamanlı çekilen) diz menisküs hasarı için 3 Tesla Manyetik Rezonans Görüntülemesi (MRG) mevcut olan hastalar retrospektif olarak çalışma grubuna dahil edilmiştir (n = 310).

İlk değerlendirmede travma ve/veya ileri düzey dejenerative veya inflamatuar eklem hastalığı olan, hareket kısıtlılığına neden olacak fiziksel engeli bulunan, komorbid hastalığı bulunan (kardiyovasküler, diyabet vb.), batın ve/veya diz ameliyat öyküsü bulunan hastalar çalışma dışı bırakılmıştır (n=109). İkincil değerlendirmede diz MRG görüntülerinde klinik olarak tanımlanmamış orta-ileri evre osteoartrit, kemik iliğini etkileyen olası hematojen hastalıklara bağlı olabilecek sinyal değişiklikleri içeren, açıklanamayan kemik iliği ödemi bulunan görüntüler ve görüntü alanına dahil edilen kesitlerde benign veya malign lezyonları bulunan, sinovial eklem patolojisi gözlemlenen hastalar ile beraber hem BT hem de diz MRG görüntülerinde hareket veya diğer artefaktlara bağlı görüntü kalitesi diagnostik olmayan çekimler çalışma harici tutulmuştur (n=160). Total 41 hasta nihai çalışma grubuna dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilme ve hariç tutulma kriterleri Tablo 3'te özetlenmiştir.

Tablo 3. Dahil edilme ve dışlama kriterleri.



3.2. Diz Manyetik Rezonans Görüntüleme

Çalışmaya dahil edilen hastaların kontrastsız diz MRG (Skyra 3T, Siemens Healthcare, Erlangen, Germany) görüntüleri Atatürk Üniversitesi Araştırma Hastanesi Radyoloji Bölümü Manyetik Rezonans biriminde alınmıştır.

3.2. Diz Manyetik Rezonans Görüntüleme

Çalışmaya dahil edilen hastaların kontrastsız diz MRG (Skyra 3T, Siemens Healthcare, Erlangen, Germany) görüntüleri Atatürk Üniversitesi Araştırma Hastanesi Radyoloji Bölümü Manyetik Rezonans biriminde alınmıştır.

Kontrastsız MRG protokolü proton dansite ağırlıklı koronal ve aksiyel, sagittal T2 ağrılıklı ve T1 ağrılıklı görüntülerden oluşmaktadır (Tablo 5). Dizi lokalize etmek ve planlamak için başlangıçta üç düzlemli (3D) bir ön görüntü alınıyor. Yerelleştiriciler ("localizer") genellikle 25 saniyeden kısa süren T1 ağırlıklı düşük çözünürlüklü taramalardır. Tablo 4'te tüm sekansların protokolleri özetlenmiştir.

Tablo 4. Diz MRG protokol parametreleri

	TR	TE	Slice	Flip	Faz	Matrix	FOV	Gap	Nex
PD Fat-Sat Aksial	3000-4000	15-20	3mm	130-150	R>L	320x320	150-160	10%	2
PD Fat-Sat Koronal	4000-5000	15-20	2mm	130-150	R>L	320x320	160-170	10%	2
T1 TSE Sagittal	400-600	15-25	2mm	130	H>F	320x320	160-170	10%	2
T2 TSE Sagittal	800-1200	15-25	3mm	30	H>F	256x256	160-170	10%	2

TR: Time to repetition (tekrarlama zamanı); TE: Time to echo (eko zamanı); Slice: Kesit kalınlığı; Gap: Boşluk; FOV: Field of View (ilgili alan); Nex: Number of Excitation (uyarılma sayısı)

3.3. Görüntülerin Analizi

Diz MRG Sınıflandırması

Total 41 hasta nihai çalışma grubuna dahil edilmiş olup 5 hastanın her iki diz menisküsü görüntülendiği için total 46 diz MRG değerlendirilmiştir.

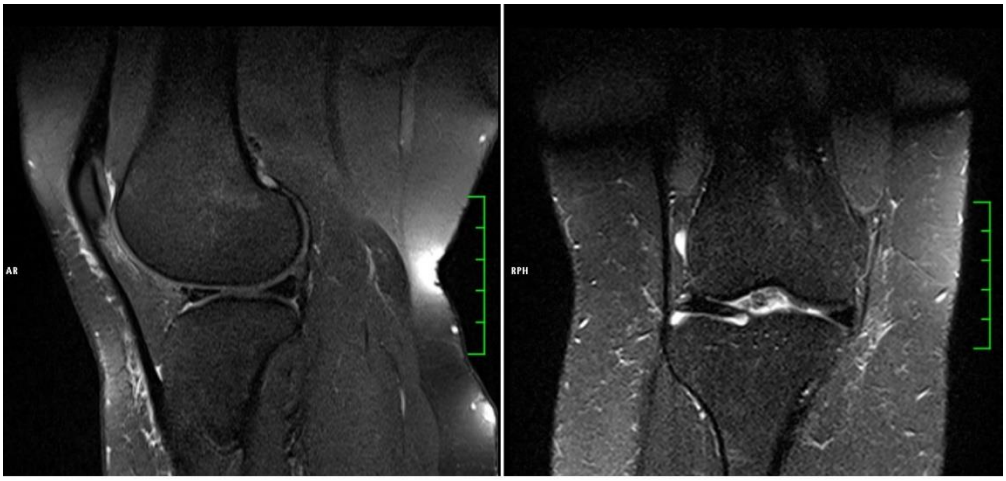
Görüntü analizi için her bir menisküs hem aksiyel hem koronal hem de sagittal planda değerlendirilmiş olup sıvı duyarlı sekanslarda (proton dansite ve T2 ağırlıklı görüntü) saptanan sıvı ve sıvı benzeri yüksek intensiteler femur veya tibia eklem yüzeyine uzanımı diğer sekanslarda çapraz okuma ile 1-3 şeklinde derecelendirilmiştir.

1. Derece: Eklem yüzeyine uzanımı bulunmayan küçük (fokal) hiperintense odak; menisküs içi miksoid dejenerasyon hariç. (Şekil 6)
2. Derece: Eklem yüzeyine uzanımı bulunmayan lineer hiperintens alanlar. (Şekil 7)

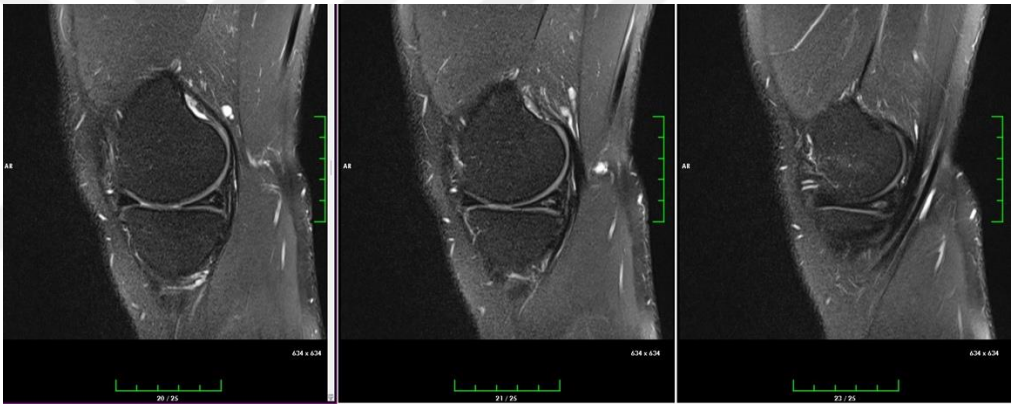
   2a: Eklem yüzeyine uzanımı bulunmayan lineer hiperintens alanlar

   2b: Tek bir kesitte eklem yüzeyine uzanımı bulunan hiperintensite

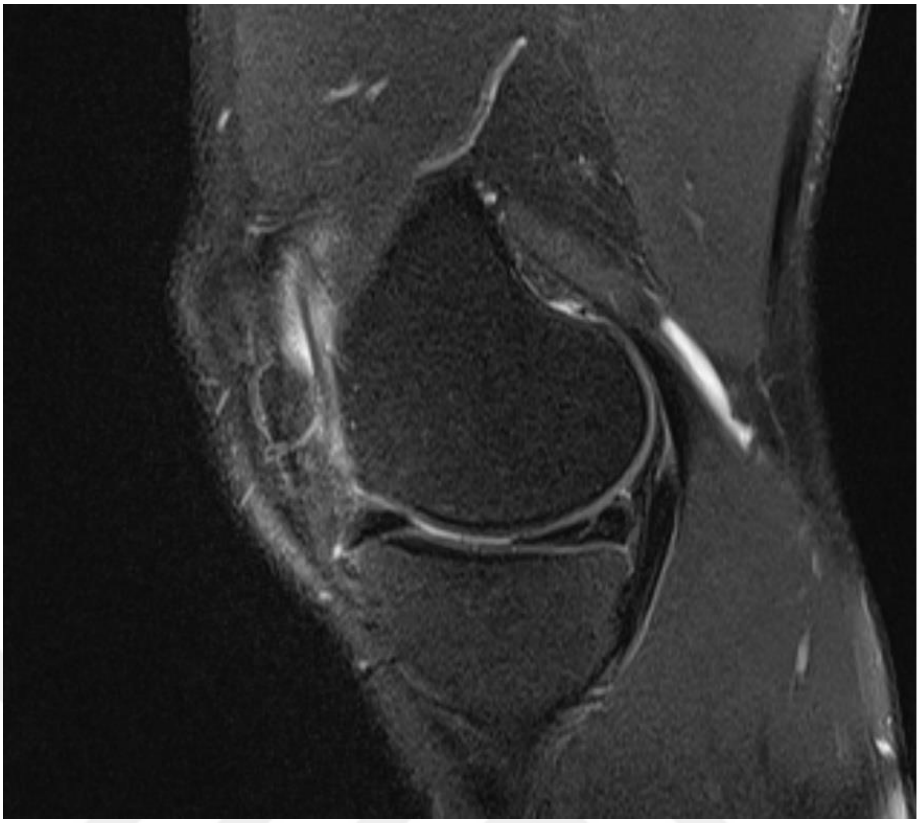
   2c: Eklem yüzeyine uzanımı bulunmayan kama veya küresel şekilli hiperintensite
3. Derece: En az 1 eklem yüzeyine (femur veya tibia) uzanımı bulunan belirgin intensite artımı. (Şekil 8)



Şekil 6. Kontrastsız diz MRG görüntüsünde sagittal (sol) ve koronal (sağ) planlarda sağ diz medial menisküs arka boynuzda T2AG'de Evre 1 hasar.



Şekil 7. Ardışık T2AG sagittal kesitlerde devamlılık gösteren medial menisküs Evre 2 hasar.



Şekil 8. Sol diz kontrastsız diz MRG görüntüsnde sagittal plan T2AG'de femur eklem yüzeyine devamlılığı bulunan oblik yırtık gösterilmektedir.

Batın BT Protokolü

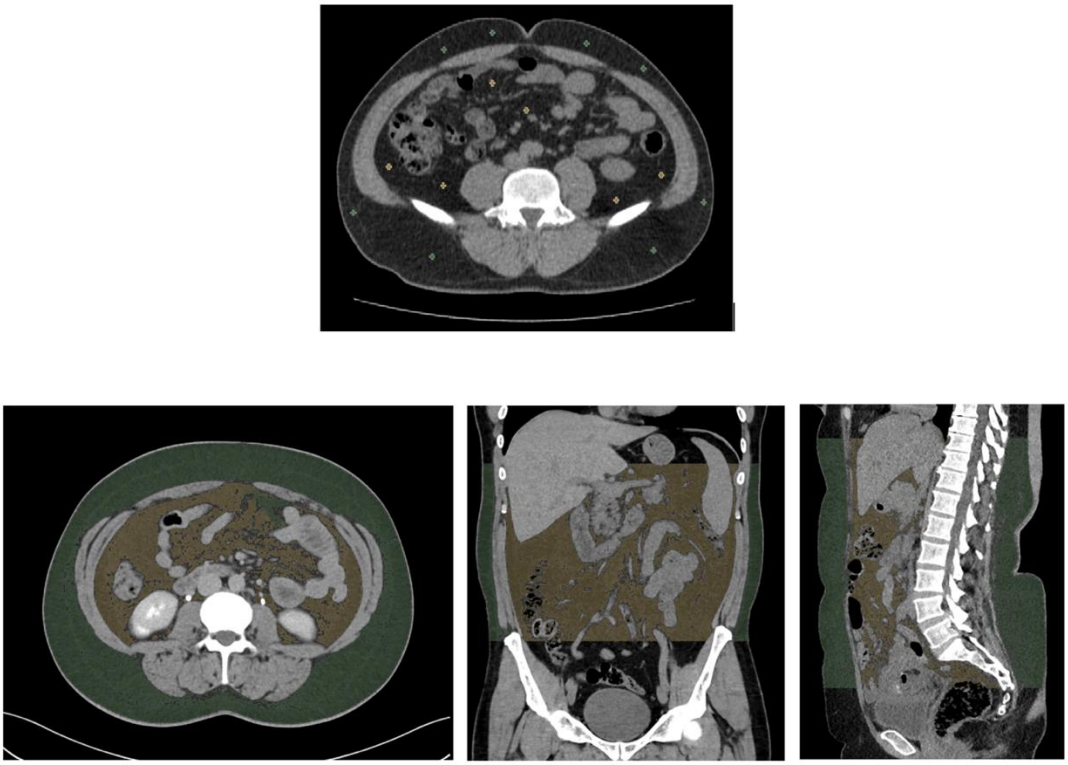
Çalışmaya dahil edilen hastaların kontrastlı veya kontrastsız batın BT (Toshiba) görüntüleri Atatürk Üniversitesi Araştırma Hastanesi Radyoloji Bölümü Bilgisayarlı Tomografi ünitesinde alınmıştır.

Batın BT çekimi hasta süpin pozisyonda iken inspiryumda tek nefes tutma tekniği ile tarama yönü kranokaudal olarak kesit kalınlığı 3-5mm, interval 3-5mm, görüntüleme alanı ('Field of View, FOV) 350mm, tüp akımı ≤120 kVp, 150-350 mA, kemik ve yumuşak doku kernel rekonstrüksiyon algoritması ile çekimler yapılmıştır. Kontrast ajan bolus olarak 30-40 ml (3ml/san) serum fizyoloji sonrası total 70-100 ml (0.1 mL/kg) olarak verilmiştir. Tüm hastalarda aksiyel, koronal ve sagittal plan görüntüler elde edilmiştir.

Batın BT Yağ Ölçümü ve Analizi

BT görüntüleri DICOM olarak kaydedildikten sonra bilgisayar destekli tıbbi görüntü işleme yazılımı (3D Slicer 4.10.2 versiyonu. link: https://slicer.org) programına aktarıldı.

Dilim Segmentasyonu (‘Slice segmentation) modülü kullanarak öncelikle yağ dokusu için -80HU ile -180HU arasındaki eşik aralığı maskeleme için kullanıldı ve görüntüdeki tüm kesitlere uygulandı. Daha sonra tohumlama aracı (‘Seeding tool’) kullanılarak T12 ve L5 vetebra seviyeleri boyunca farklı renklerde hem cilt altı (subkutan) hem de iç organ (visseral) adipoz dokusu seçildi ve hacimsel veri oluşturmak için kullanılan "Tohumlardan Büyüt" (‘Grow from Seeds’) aracıyla otomatik segmentasyon yapıldı. Böylelikle subkutan (yeşil renk) ve visseral (sarı renk) adipoz doku santimetre kare (cm^3) cinsinden hesaplandı ve veriler istatistiksel analiz için excel sayfasına aktarıldı (Şekil 9). Hem VAT hem de SCAT değerleri medial ve lateral menisküs hasarı (evre 1-3) ve VKİ grupları (1-4) ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 9. Batın subkutan (yeşil) ve visseral (sarı) adipoz doku kantifikasyonu.

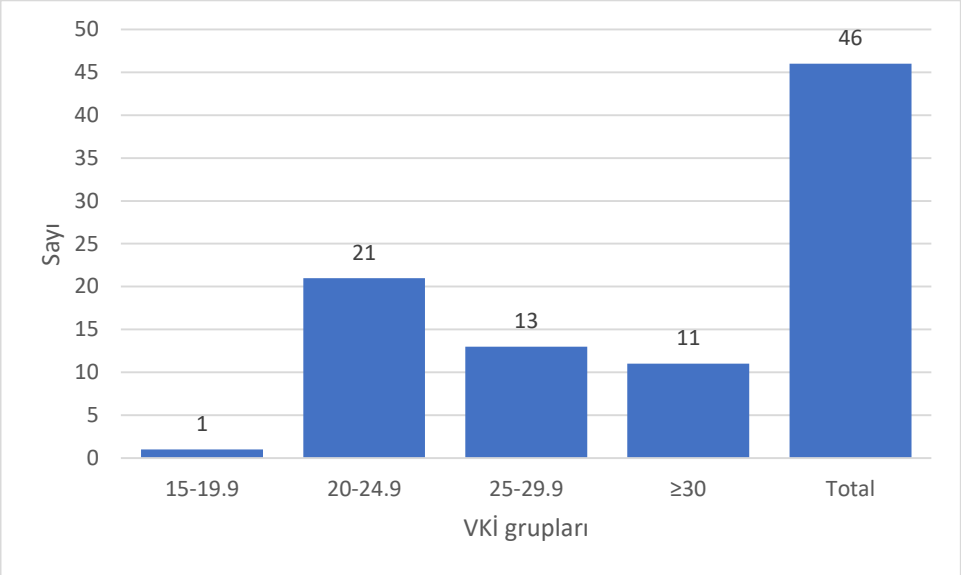
3.4. İstatistiksel Analiz

Çalışmadan elde edilen veriler araştırmacı tarafından kodlanarak, bilgisayar ortamında SPSS 25.0 istatistik programı (Chicago, IL, USA) kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma verilerinden tanımlayıcı bilgiler frekans, yüzde, ortalama, standart sapma, minimum maksimum, medyan ve istatistiksel metotlar kullanılarak değerlendirilmiştir. Sürekli değişkenlerin dağılımı ± standart sapma (SS) olarak gösterilmiştir.

İki grup karşılaştırmalarında veri normal dağılmadığı için Mann Whitney U testi kullanılmıştır. İki sürekli değişken olduğu durumda Pearson ki-kare testi kullanılmıştır. İstatistiksel sonuçların anlamlılığı $p<0.05$ düzeyinde değerlendirilmiştir.

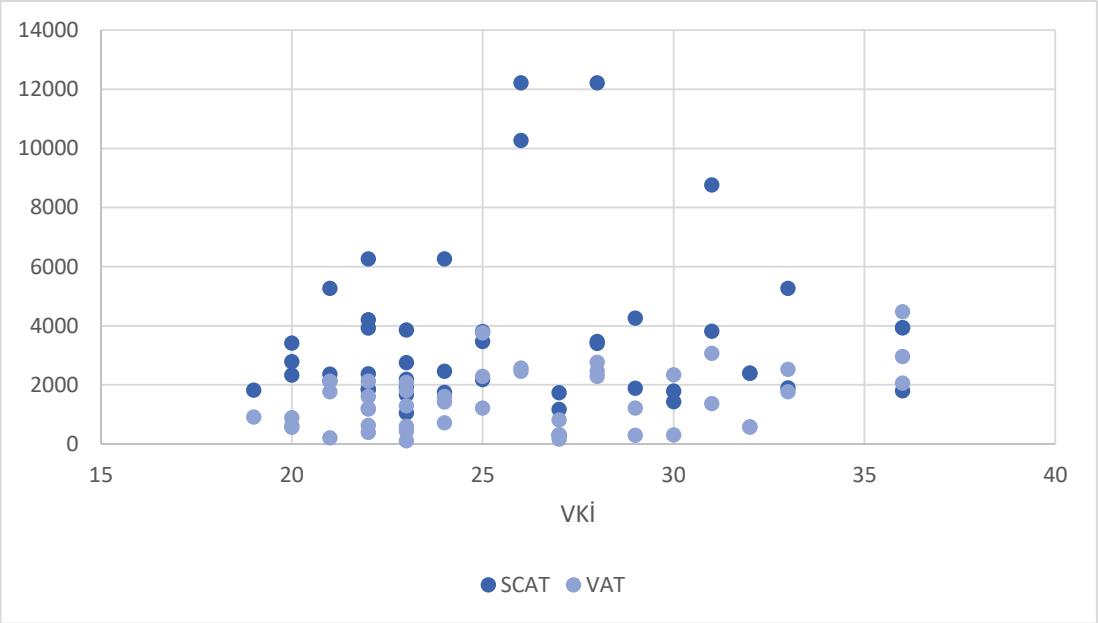
4. BULGULAR

Çalışmada değerlendirilen 41 hastanın %51'i (n = 21) erkek, %49'u (n = 20) kadın ve ortalama yaş 30±9 idi. Hastaların ortalama vücut kitle indeksi 25.9±4.6 olarak saptandı. VKİ 4 kategoride incelenmiş olup (1 = düşük, 2= normal, 3= kilolu, 4= obez) dağılım grafiği Tablo 5'te özetlenmiştir.



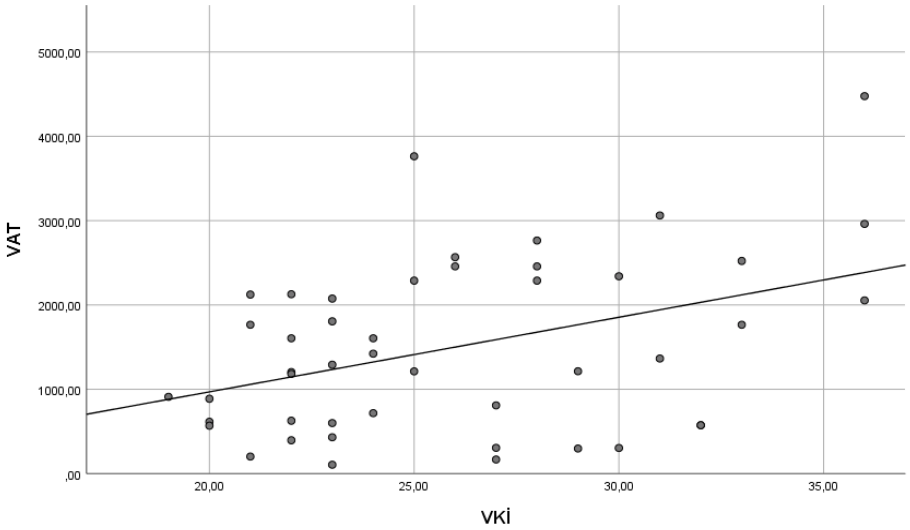
Tablo 5. Çalışma grubu hastalarının VKİ gruplarına göre dağılımı.

Batın içi ve cilt altı volümetrik yağ değerlendirmelerinde ortalama cilt altı adipoz doku (SCAT) volümü 260.31±145.74; batın içi adipoz doku (VAT) volümü 315.74±226.96 olarak saptandı. VAT ve SCAT değerlerinin VKİ ile dağılım grafiği Şekil 10'da özetlenmiştir.

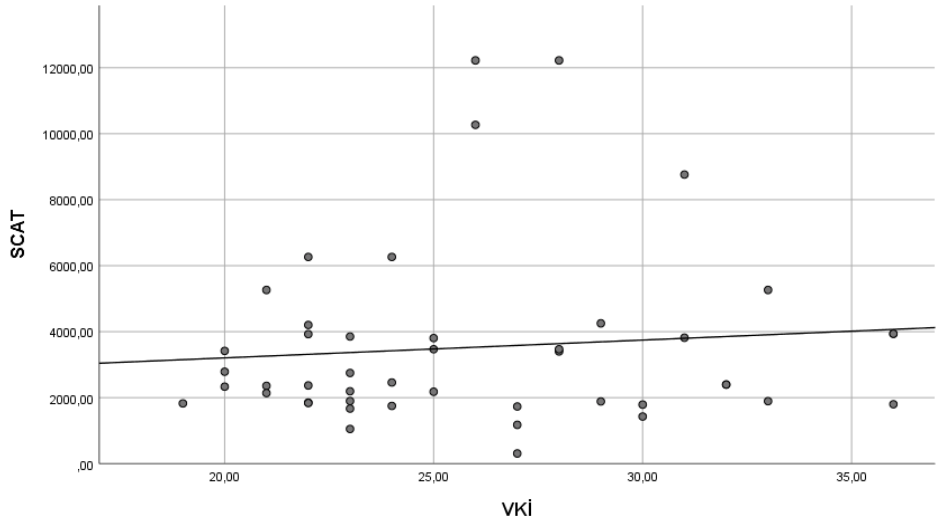


Şekil 10. VKİ ile SCAT ve VAT arasındaki dağılım grafiği.

VAT ile VKİ arasında negatif korelasyon bulunmuş olup (r= -0.3, p= 0.01) SCAT ile VKİ arasında herhangi bir korelasyon saptanmadı (r= 0.2, p= 0.8) (Şekil 11 ve 12).



Şekil 11. Vücut kitle indeksi (VKİ) ile VAT arasındaki korelasyon grafiği.



Şekil 12. Vücut kitle indeksi (VKİ) ile SCAT arasındaki korelasyon grafiği.

MRG'de değerlendirilen total diz sayısı 46 olup 5 hastada her iki diz eklemi görüntülenmiştir ve bu dizlerin 26'ı sağ diz, 20'i sol diz idi. Çalışma grubu hastalarında değerlendirilen menisküslerin 43'ü medial, 14'ü ise lateral menüksüs idi. Arka boynuz (posterior horn) medial menisküste en çok etkilenen alan iken (n=36) lateral menisküste en az etkilenen alan idi (n=4) (Tablo 6).

Tablo 6. Diz MRG görüntülerinde etkilenen bölgelerin dağılımı.

Etkilenen bölge / Menisküs	**Ön boynuz**	**Arka boynuz**	**Ön + Arka boynuz + Gövde**
Medial (n=43)	1	36	6
Lateral (n=14)	5	4	5

Medial menisküste evre 1 hasar totalde 23 dizde gözlemlenirken bunu sırasıyla 3, 2b, 2a ve 2c evresi izlemiştir (sırasıyla, n=9, 5, 4, 2). Lateral menisküste ise gözlemlenen hasar azalan sıra ile evre 3, 1, 2c ve 2b idi (sırasıyla, n= 6, 5, 2, 1). Lateral menisküste evre 2a hasar gözlemlenmedi (Tablo 7).

Tablo 7. Menisküslerde MRG hasar derecelerinin dağılımı.

Hasar derecesi / Menisküs	**Evre1**	**Evre2a**	**Evre2b**	**Evre2c**	**Evre3**
Medial (n=43)	23	4	5	2	9
Lateral (n=14)	5	-	1	2	6

Medial menisküs (MM) hasar derecesi ile VKİ arasında pozitif sıkı korelasyon bulundu (r= 0.7, p =0.01). Ancak SCAT ile MM hasarı arasında istatiksel olarak anlamlı fark ve korelasyon bulunmamıştır (Tablo 8).

Tablo 8. Medial menisküs ile VKİ, SCAT ve VAT arasındaki istatiksel analiz.

		VKİ	SCAT	VAT
Medial Menisküs	Korelasyon katsayısı (r=)	0.7	0.1	-0.2
	İstatiksel anlamlılık	p= 0.01	p= 0.2	p= 0.1

Lateral menisküs hasarı ile hem VKİ hem SCAT hem de VAT arasında istatiksel olarak anlamlı fark saptanmadı (sırasıyla, p = 0.6, p= 0.8, p= 0.8) (Tablo 9).

Tablo 9. Lateral menisküs ile VKİ, SCAT ve VAT arasındaki istatiksel analiz.

		VKİ	SCAT	VAT
Lateral Menisküs	Korelasyon katsayısı (r=)	0.1	0.4	-0.03
	İstatiksel anlamlılık	p= 0.6	p= 0.8	p= 0.8

5. TARTIŞMA

Obezite küresel bir yüktür ve diyabet, kardiyovasküler hastalıklar, hipertansiyon ve osteoartrit dahil ancak bunlarla sınırlı olmamak üzere çok çeşitli sağlık sorunları ile yakından ilintilidir.

Vücut kitle indeksi (VKİ) vücut yağ kitlesi ölçümü için kullanılan standart bir yöntem olarak kabul edilmesine rağmen son yıllarda yapılan çeşitli çalışmalar söz konusu endeksin vücut yağ kitlesini doğru yansıtmadığı kanısına varmıştır. Bu sebeple literatürde vücut yağ ölçümü için çeşitli metotlar geliştirilmiştir. Bunlar arasında karın/kalça çevresi oranı, biyoelektrik empedans analizi, dual enerji X-ray absorptimetre (DEXA) ve çeşitli görüntüleme yöntemleri (USG, BT, MRG) sayılabilir. Yoon ve arkadaşları abdominal obeziteyi tahmin etmede bel çevresi, VKİ, bel-kalça oran parametrelerini kıyasladığında bel çevresi bu parametreler arasında en iyi endeks olarak gösterilmiştir [41]. Bir başka çalışmada DEXA ile BT kıyaslandığında ilkinin BT'ye göre üstün olmadığı ve ölçümlerde daha düşük değerler ortaya koyduğu raporlanmıştır [46]. Benzer diğer bir çalışmada ise Güney Afrika kadınlarında santral adipozitenin (VAT) DEXA ve BT ile karşılaştırmalı değerlendirmesinde BT daha üstün olduğu ve DEXA'nın gereğinden yüksek tahminlerde bulunduğu ortaya konulmuştur [47]. Visseral adipoz doku kuantifiaksyonunda kesitsel görüntüleme (BT ve MRG) diğer antropometrik ölçümlerle kıyaslamada daha üstün olduğu literatürde kapsamlı meta-analizde gösterilmiştir [39]. Kesitsel incelemelerde yağ doku analizi için optimal anatomik bölgeyi belirlemede Framingham çalışması lomber vertebra L3/L4 seviyesinin VAT ve SCAT için ideal ölçüm noktası olduğunu belirtmişlerdir [48]. Bizim çalışma grubu hastalarında ortalama VKİ 25.9±4.6 saptandı ve volümetrik BT değerleri T12 ile L4/L5 seviyesi arasında yapılmış olup; VKİ ile VAT arasında negatif korelasyon saptandı ($r= -0.3$, $p= 0.01$). Bu veriler Haridas ve arkadaşları tarafından yapılan abdominal BT'de deri altı ve visseral yağ miktarının belirlenmesi ve metabolik parametrelerle korelasyonu çalışması ile benzerdir [49]. Ancak çalışmamızda cilt altı adipoz doku (SCAT)

ile VKİ arasında korelasyon saptanmamıştır. Literatürde yapılan çalışmalarda subkutan adipoz doku ile kıyaslamada visseral adipoz dokusunun VKİ ile çok daha iyi korele olduğu ve metabolik risk profilini SCAT'a kıyasla daha iyi yansıttığını düşünürsek bizim bulgular dolaylı olarak klinik açıdan anlamlı sayılır.

Obezite ve osteoartrit ilişkisi son yıllarda çeşitli çalışmaların araştırma odağı olmuş ve bu konuda öncü çalışmalardan biri 2001 yılında Coggon D. ve arkadaşları tarafından yapılmış ve dejeneratif tipte menisküs hasarı ile obezitenin hem radyografik osteoartrit hem de semptomatik radyografik osteoartrit ile güçlü ilişkisini ortaya koymuşlardır [44]. Bunu takip eden yıllarda konu ile ilgili ilk kapsamlı çalışma Laberge ve arkadaşları tarafından 137 orta yaşlı diz osteoaritirit (OA) riski olan ancak radyografik olarak OA saptanmayan hasta grubunda MRG kullanılarak dizdeki değişiklikler VKİ ile ilişkisi araştırılmıştır. Bu çalışma sonucuna göre obezite hem dizdeki erken dejeneratif değişikliklerin ciddiyeti ve prevalansı hem de 36 aylık takiplerde kıkırdak lezyonlarının ilerlemesi ile yakın ilişkili olduğu saptanmıştır [45].

Menisküs hasarı ile osteoartrit arasındaki ilişki kompleks bir süreçtir. Menisküsteki travma dışı dejeneratif sürecin osteoartrit için sebep mi sonuç mu olduğu birçok araştırmacı tarafından incelenmiş ve mevcut raporlar çoğu zaman birbiriyle çelişmektedir [50-54]. Ancak ortak kanı menisküs normal diz eklem fonksiyonunun elzem bir parçasıdır ve menisküsteki hasarlar tibio-femoral eklem kıkırdağında dejenerasyona ve bu da nihayetinde osteoartrite zemin hazırlamaktadır. Osteoartrit ilerlemesi ile de dizdeki kompresyon yükü arttığı için menisküs hasarını arttırmaktadır. Bu sebeple menisküsteki değişiklikler erken evre semptomatik olmayan diz osteoartritine zemin hazırlayacağı için erken tanı ve tedavisi mühim önem taşımaktadır.

Bu bilgiler ışığında, obezitenin osteoaritirt için bir risk faktörü kanıtlanmış olmasına rağmen dizdeki menisküs hasarı ile bağımsız ilişkisi hakkında literatürde sınırlı sayıda çalışma vardır. Moleküler düzeyde yapılan

çalışmalarda adipoz doku kaynaklı bazı metabolitlerin (ör, adipokin) menisküslerde yıkım sürecini (katabolizma) arttırdığını ortaya koymuşlardır [55-58]. Her ne kadar adipoz doku ve menisküs hasar ilişkisine değinen kısıtlı sayıda çalışma mevcut ise de bu çalışmalar çoğunlukla adipoz doku miktarı ile diz operasyonu sonrası fonksiyon kaybı ilişkisini araştırmıştır [8-19]. Obezite veya aşırı kiloluğun menisküs hasarı ile direkt ilişkisini araştıran birçok çalışmada kilo arttıkça menisküs hasar oranının arttığını bildirmişlerdir [59-61]. Özellikle fazla kilonun medial menisküs ekstrüzyonu üzerine olumsuz etkilerini araştıran çalışmalarda uzun dönem menisküs sağlığı için kilo kontrolünün tedavinin bir parçası olmasını gerektiğini savunmuşlardır [62]. Bizim çalışma grubu hastalarında medial menisküs hasarı total 43 dizde gözlemlendi ve bunların 23'ü evre 1 hasar olarak raporlandı. Medial menisküste en çok etkilenen alan arka boynuz (posterior horn) idi (n= 23). Medial menisküs hasarı ile VKİ arasında pozitif sıkı korelasyon bulundu (r= 0.7, p =0.01). Menisküs hasarı ile SCAT ve VAT arasında anlamlı bir fark bulunmadı (sırasıyla, p =02, p =0.1). Lee ve arkadaşları tarafından yapılan VKİ ile menisküs hasar meta-analizinde artan VKİ menisküs yırtığı ile ilişkili olmadığı ancak gözlemsel tamamlayıcı MRG analizlerinde VKİ artışının kronik menisküs hasarı ile ilişkili olduğunu raporlamışlardır [63]. Bu da bizim bulgular ile örtüşmektedir. Çalışmamızda VAT ile VKİ arasında korelasyon bulunmasına rağmen bu korelasyonun menisküs hasarı ile direkt korelasyonu saptanmaması birkaç şekilde açıklanabilir. İlki, VAT tamamen adipoz doku volümünü temsil eder ancak VKİ adipoz doku dahil vücudun total ağırlığını hesaba katar. Diz ekleminin biyomekaniği dikkate alındığında artan yük (total vücut ağırlığı) tek başına yağ oranından daha fazla önem taşımaktadır. İkincisi, her ne kadar adipoz doku kaynaklı metabolitlerin (adipokin) menisküslerde yıkım sürecine katkısı olsa da tek başına adipoz doku (VAT veya SCAT) artışının menisküs hasarı ile ilişkilendirilemeyeceğini kanıtlamış oluyor. Bir diğer husus ise, sağlıklı diz eklem fonksiyonu için eklem birleşenleri kadar yardımcı kas dokusu da önem arz etmektedir ve VAT ya da SCAT gibi vücut adipoz doku volümü kas bilgisi hakkında bilgi vermemektedir. Bu da hastaların genel sağlık durumunu yorumlarken neden yağ dokusu dahil tüm parametreleri

dikkate almamız gerektiğini bir ölçüde açıklıyor. Son olarak VAT ile MM hasarı arasında direkt korelasyon olmaması belki de bu çalışmanın küçük örneklem büyüklüğünden kaynaklandığını düşünüyor ve benzer çalışma metodu örneklem büyük olursa korelasyonun saptanacağını düşündürtüyor.

Çalışmada birtakım limitasyonlar mevcuttur. Çalışmamız retrospektif olarak tasarlanmış olmasından dolayı çalışmaya ilkin şartlarda dahil edilen hastaların ister diz MRG görüntülerinde isterse de batın BT görüntülerinde hareket artefaktı nedeniyle çalışma dışı bırakılmıştır. Benzer şekilde birçok dahil edilme kriterini taşıyan ancak en az 1 kritere bağlı çalışma dışı edilen hastalar nedeniyle nihai çalışma grubu sayısında azalmaya sebep olmuştur. Bu, özellikle lateral menisküs hasarlarının istatiksel analizini yapmaya olanak tanımamıştır. Diğer limitasyon ise çalışmanın küçük örneklem büyüklüğü nedeniyle SCAT değerlerinin analizi yapılamamıştır.

6. SONUÇ

Alanında önde gelen yazarlar tarafından menisküs yaralanmalarını 'sessiz salgın' olarak nitelendirmesi aslında osteoaritirt ve menisküs arasındaki ilişkiyi dikkate aldığımızda ne kadar haklı bir tanımlama olduğunu kabul etmemek elde değildir. Mevcut toplum sağlığında ise dünya geneli epidemi olarak kabul görmüş obezite ve aşırı kiloluğun metabolik risk faktörü olmasının yanı sıra menisküs ve osteoaritirt ile de ilişkisi tartışılmaz bir gerçektir.

Görüntüleme yöntemlerinin önemli derecede arttığı bu çağda, artık geçerliliğini yitirmek üzere olan VKİ'nin yerine kullanılacak güvenilir bir araç olarak vücut yağ hacminin tahminine yönelik otomatik algoritmaların dahil edilmesi konusunu yeniden düşünmemiz gerektiğinin altını çizmek isteriz. Böylece, VAT ve SCAT gibi parametrelerin fırsatçı görüntülerden daha fazla verisi elde edilirse popülasyona dayalı dağılımını anlamamız için yardımcı olur ve diğer antropometrik ölçüm endeksleri gibi önemli bir belirteç olarak kullanmamıza olanak tanır. Bu bağlamda, insan vücudunda artan yağ doku miktarı hakkında fikir sahibi olmamızı ve vücuttaki ister metabolik isterse de menisküs hasarı ya da osteoartrit gibi kas-iskelet sistemi ile ilişkinisini anlammıza yardımcı olur.

Bu çalışma VAT, VKİ ve medial menisküs hasarı arasında ilişkiyi araştıran öncü çalışmadır ve VAT'ın VKİ gibi bir endeks olarak kullanılmasının yaygınlaştırılması için daha büyük ölçekli ve kıyaslamalı çalışmalara ihtiyacı olduğunu göstermektedir.

KAYNAKÇA

1. Mechanick JI, Garber AJ, Handelsman Y, Garvey WT. American Association of Clinical Endocrinologists' position statement on obesity and obesity medicine. Endocr Pract. 2012 Sep-Oct;18(5):642-8.
2. Thein R, Hershkovich O, Gordon B, Burstein G, Tenenbaum S, Derazne E, Tzur D, Shamis A, Afek A, Kreiss Y. The Prevalence of Cruciate Ligament and Meniscus Knee Injury in Young Adults and Associations with Gender, Body Mass Index, and Height a Large Cross-Sectional Study. J Knee Surg. 2017 Jul;30(6):565-570. doi: 10.1055/s-0036-1593620. Epub 2016 Nov 23. Erratum in: J Knee Surg. 2017 Jul;30(6):e2.
3. Haviv B, Bronak S, Thein R. Correlation between body mass index and chondral lesions in isolated medial meniscus tears. Indian J Orthop. 2015 Mar-Apr;49(2):176-80.
4. Kontio T, Heliövaara M, Rissanen H, Knekt P, Aromaa A, Solovieva S. Risk factors for first hospitalization due to meniscal lesions - a population-based cohort study with 30 years of follow-up. BMC Musculoskelet Disord. 2017 Dec 13;18(1):528.
5. Zhang F, Bierma-Zeinstra SM, Oei EHG, Turkiewicz A, Englund M, Runhaar J. Factors associated with meniscal body extrusion on knee MRI in overweight and obese women. Osteoarthritis Cartilage. 2017 May;25(5):694-699.
6. van der Voet JA, Wesselius D, Zhang F, Vroegindeweij D, Oei EH, Bierma-Zeinstra SMA, Englund M, Runhaar J. Factors associated with longitudinal change of meniscal extrusion in overweight women without clinical signs of osteoarthritis. Rheumatology (Oxford). 2021 Nov 3;60(11):5175-5184.
7. Munugoda IP, Beavers DP, Wirth W, Aitken DA, Loeser RF, Miller GD, Lyles M, Carr JJ, Guermazi A, Hunter DJ, Messier SP, Eckstein F. The effect of weight loss on the progression of meniscal extrusion and size in knee osteoarthritis: a post-hoc analysis of the Intensive Diet and

Exercise for Arthritis (IDEA) trial. Osteoarthritis Cartilage. 2020 Apr;28(4):410-417.

8. Erdil M, Bilsel K, Sungur M, Dikmen G, Tuncer N, Polat G, Elmadag NM, Tuncay I, Asik M. Does obesity negatively affect the functional results of arthroscopic partial meniscectomy? A retrospective cohort study. Arthroscopy. 2013 Feb;29(2):232-7.
9. Barrett GR, Thibodeaux KE, Replogle WH, Barrett A, Parks T, Baker D. Body Mass Index as an Indicator of Associated Intra-articular Injuries in Patients With Anterior Cruciate Ligament Tears. J Surg Orthop Adv. 2015 Fall;24(3):159-63.
10. Kluczynski MA, Marzo JM, Wind WM, Fineberg MS, Bernas GA, Rauh MA, Zhou Z, Zhao J, Bisson LJ. The Effect of Body Mass Index on Clinical Outcomes in Patients Without Radiographic Evidence of Degenerative Joint Disease After Arthroscopic Partial Meniscectomy. Arthroscopy. 2017 Nov;33(11):2054-2063.e10.
11. Hohmann E. Editorial Commentary: Obese and Overweight: Should They Be Concerned About the Long-Term Consequences of a Partial Meniscectomy? Arthroscopy. 2017 Nov;33(11):2064-2065.
12. Lizaur-Utrilla A, Miralles-Muñoz FA, Gonzalez-Parreño S, Lopez-Prats FA. Outcomes and Patient Satisfaction With Arthroscopic Partial Meniscectomy for Degenerative and Traumatic Tears in Middle-Aged Patients With No or Mild Osteoarthritis. Am J Sports Med. 2019 Aug;47(10):2412-2419.
13. Harrison MM, Morrell J, Hopman WM. Influence of obesity on outcome after knee arthroscopy. Arthroscopy. 2004 Sep;20(7):691-5.
14. Longo UG, Ciuffreda M, Candela V, Rizzello G, D'Andrea V, Mannering N, Berton A, Salvatore G, Denaro V. Knee Osteoarthritis after Arthroscopic Partial Meniscectomy: Prevalence and Progression of Radiographic Changes after 5 to 12 Years Compared with Contralateral Knee. J Knee Surg. 2019 May;32(5):407-413.

15. Traven SA, Reeves RA, Xerogeanes JW, Slone HS. Higher BMI predicts additional surgery at the time of ACL reconstruction. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2019 Aug;27(8):2552-2557.
16. Dai AZ, Breite J, Pham H, Pickell M, Kramarchuk M, Vaca E, Strauss EJ. Adipose-to-muscle area ratio at the knee is superior to BMI in predicting post-operative outcome following arthroscopic meniscectomy. Arch Orthop Trauma Surg. 2019 Mar;139(3):355-360.
17. Lian J, Patel NK, Nickoli M, Vaswani R, Irrgang JJ, Lesniak BP, Musahl V. Obesity Is Associated with Significant Morbidity after Multiligament Knee Surgery. J Knee Surg. 2020 Jun;33(6):525-530.
18. Zhang T, Jauregui JJ, Foster M, Packer JD, Meredith SJ, Leong NL, Henn RF 3rd. Outcomes of Partial Meniscectomy in Obese Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis. Cartilage. 2021 Dec;13(1_suppl):216S-227S.
19. Fang Z, Liu W. Obesity-associated outcomes after ACL reconstruction: a propensity-score-matched analysis of the US Nationwide Inpatient Sample 2005-2018. J Orthop Traumatol. 2024 Jul 24;25(1):36.
20. Sutton JB. The Nature of Certain Ligaments. J Anat Physiol. 1884;18(Pt 3):i2–238.
21. Carmichael S & Spinner R. John Hilton 1804-1878. Clin Anat. 2005;19(2):89-90.
22. Flandry F, Hommel G. Normal anatomy and biomechanics of the knee. Sports Med Arthrosc Rev. 2011 Jun;19(2):82-92.
23. Robert F. LaPrade, Elizabeth A. Arendt, Alan Getgood, Scott C. Faucett, The Menisci: A Comprehensive Review of their Anatomy, Biomechanical Function and Surgical Treatment. Springer Nature; 2017.
24. Śmigielski R, Becker R, Zdanowicz U, Ciszek B. Medial meniscus anatomy-from basic science to treatment. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc. 2015 Jan;23(1):8-14.

25. Mameri ES, Dasari SP, Fortier LM, Verdejo FG, Gursoy S, Yanke AB, Chahla J. Review of Meniscus Anatomy and Biomechanics. Curr Rev Musculoskelet Med. 2022 Oct;15(5):323-335.
26. Gobbo Rda R, Rangel Vde O, Karam FC, Pires LA. PHYSICAL EXAMINATIONS FOR DIAGNOSING MENISCAL INJURIES: CORRELATION WITH SURGICAL FINDINGS. Rev Bras Ortop. 2015 Nov 16;46(6):726-9.
27. Crawford R, Walley G, Bridgman S, Maffulli N. Magnetic resonance imaging versus arthroscopy in the diagnosis of knee pathology, concentrating on meniscal lesions and ACL tears: a systematic review. Br Med Bull. 2007;84:5-23.
28. Wadhwa V, Omar H, Coyner K, Khazzam M, Robertson W, Chhabra A. ISAKOS classification of meniscal tears-illustration on 2D and 3D isotropic spin echo MR imaging. Eur J Radiol. 2016 Jan;85(1):15-24.
29. Lefevre N, Naouri JF, Herman S, Gerometta A, Klouche S, Bohu Y. A Current Review of the Meniscus Imaging: Proposition of a Useful Tool for Its Radiologic Analysis. Radiol Res Pract. 2016;2016:8329296.
30. Rubin D. A., Paletta G. A., Jr. Current concepts and controversies in meniscal imaging. Magnetic Resonance Imaging Clinics of North America. 2000;8(2):243–270.
31. Lotysch M, Mink J, Crues JV, Schwartz SA. Magnetic resonance imaging in the detection of meniscal injuries (abstract). Magn Reson Imaging 1986;4:185.
32. Nuttall FQ. Body Mass Index: Obesity, BMI, and Health: A Critical Review. Nutr Today. 2015 May;50(3):117-128.
33. WHO. Physical Status: The Use and Interpretation of Anthropometry: Report of a World Health Organization (WHO) Expert Committee. Geneva, Switzerland: World Health Organization; 1995.
34. National Institutes of Health. Understanding Adult Obesity. Bethesda, MD: National Institutes of Health; 2008.

35. Vague J. The degree of masculine differentiation of obesities: a factor determining predisposition to diabetes, atherosclerosis, gout, and uric calculous disease. Am J Clin Nutr. 1956; 4(1): 20– 34.
36. Shuldiner AR, Yang R, Gong DW. Resistin, obesity and insulin resistance—the emerging role of the adipocyte as an endocrine organ. N Engl J Med. 2001;345:1345–6.
37. Shen W, Wang Z, Punyanita M, Lei J, Sinav A, Kral JG, Imielinska C, Ross R, Heymsfield SB. Adipose tissue quantification by imaging methods: a proposed classification. Obes Res. 2003 Jan;11(1):5-16.
38. Wang ZM, Pierson RN, Jr, Heymsfield SB. The five level model: a new approach to organizing body composition research. Am J Clin Nutr. 1992;56:19–28.
39. Mouchti S, Orliacq J, Reeves G, Chen Z. Assessment of correlation between conventional anthropometric and imaging-derived measures of body fat composition: a systematic literature review and meta-analysis of observational studies. BMC Med Imaging. 2023 Sep 14;23(1):127.
40. Abe T, Kawakami Y, Sugita M, Yoshikawa K, Fukunaga T. Use of B-mode ultrasound for visceral fat mass evaluation: comparisons with magnetic resonance imaging. Appl Human Sci. 1995 May;14(3):133-9.
41. Yoon DY, Moon JH, Kim HK, Choi CS, Chang SK, Yun EJ, Seo YL. Comparison of low-dose CT and MR for measurement of intra-abdominal adipose tissue: a phantom and human study. Acad Radiol. 2008 Jan;15(1):62-70.
42. Saad RK, Ghezzawi M, Horanieh R, Khamis AM, Saunders KH, Batsis JA, Chakhtoura M. Abdominal Visceral Adipose Tissue and All-Cause Mortality: A Systematic Review. Front Endocrinol (Lausanne). 2022 Aug 22;13:922931.
43. Ibrahim MM. Subcutaneous and visceral adipose tissue: structural and functional differences. Obes Rev. 2010 Jan;11(1):11-8.
44. Coggon D, Reading I, Croft P, McLaren M, Barrett D, Cooper C. Knee osteoarthritis and obesity. Int J Obes Relat Metab Disord. 2001 May;25(5):622-7.

45. Laberge MA, Baum T, Virayavanich W, Nardo L, Nevitt MC, Lynch J, McCulloch CE, Link TM. Obesity increases the prevalence and severity of focal knee abnormalities diagnosed using 3T MRI in middle-aged subjects--data from the Osteoarthritis Initiative. Skeletal Radiol. 2012 Jun;41(6):633-41.
46. Lane JT, Mack-Shipman LR, Anderson JC, Moore TE, Erickson JM, Ford TC, Stoner JA, Larsen JL. Comparison of CT and dual-energy DEXA using a modified trunk compartment in the measurement of abdominal fat. Endocrine. 2005 Aug;27(3):295-9.
47. Davidson FE, Matsha TE, Erasmus RT, Ismail S, Kengne AP, Goedecke JH. Comparison of single-slice CT and DXA-derived measures of central adiposity in South African women. Eur J Clin Nutr. 2020 Sep;74(9):1282-1289.
48. Irlbeck T, Massaro JM, Bamberg F, O'Donnell CJ, Hoffmann U, Fox CS. Association between single-slice measurements of visceral and abdominal subcutaneous adipose tissue with volumetric measurements: the Framingham Heart Study. Int J Obes (Lond). 2010 Apr;34(4):781-7.
49. A PH, Abraham G, Mathew M, Sundaram A, Ali AAM, Vijayan M. Quantification of Subcutaneous and Visceral Fat in Abdominal CT and the Correlation with Metabolic Parameters. J Assoc Physicians India. 2019 Dec;67(12):38-40
50. Englund M, Guermazi A, Lohmander SL. The role of the meniscus in knee osteoarthritis: a cause or consequence? Radiol Clin North Am. 2009 Jul;47(4):703-12.
51. Jarraya M, Roemer FW, Englund M, Crema MD, Gale HI, Hayashi D, Katz JN, Guermazi A. Meniscus morphology: Does tear type matter? A narrative review with focus on relevance for osteoarthritis research. Semin Arthritis Rheum. 2017 Apr;46(5):552-561.
52. Ghouri A, Muzumdar S, Barr AJ, Robinson E, Murdoch C, Kingsbury SR, Conaghan PG. The relationship between meniscal pathologies, cartilage loss, joint replacement and pain in knee osteoarthritis: a

systematic review. Osteoarthritis Cartilage. 2022 Oct;30(10):1287-1327.

53. Xu D, van der Voet J, Waarsing JH, Oei EH, Klein S, Englund M, Zhang F, Bierma-Zeinstra S, Runhaar J. Are changes in meniscus volume and extrusion associated to knee osteoarthritis development? A structural equation model. Osteoarthritis Cartilage. 2021 Oct;29(10):1426-1431.
54. van der Voet JA, Schiphof D, Vroegindeweij D, Oei EH, Bierma-Zeinstra SMA, Runhaar J. Association between baseline meniscal extrusion and long-term incident knee osteoarthritis in two different cohorts. Semin Arthritis Rheum. 2023 Apr;59:152170.
55. McNulty AL, Miller MR, O'Connor SK, Guilak F. The effects of adipokines on cartilage and meniscus catabolism. Connect Tissue Res. 2011;52(6):523-33.
56. Rai MF, Sandell LJ, Cheverud JM, Brophy RH. Relationship of age and body mass index to the expression of obesity and osteoarthritis-related genes in human meniscus. Int J Obes (Lond). 2013 Sep;37(9):1238-46.
57. Nishimuta JF, Levenston ME. Meniscus is more susceptible than cartilage to catabolic and anti-anabolic effects of adipokines. Osteoarthritis Cartilage. 2015 Sep;23(9):1551-62.
58. Haywood J, Yammani RR. Free fatty acid palmitate activates unfolded protein response pathway and promotes apoptosis in meniscus cells. Osteoarthritis Cartilage. 2016 May;24(5):942-5.
59. Haviv B, Bronak S, Thein R. Correlation between body mass index and chondral lesions in isolated medial meniscus tears. Indian J Orthop. 2015 Mar-Apr;49(2):176-80.
60. Kontio T, Heliövaara M, Rissanen H, Knekt P, Aromaa A, Solovieva S. Risk factors for first hospitalization due to meniscal lesions - a population-based cohort study with 30 years of follow-up. BMC Musculoskelet Disord. 2017 Dec 13;18(1):528.
61. Thein R, Hershkovich O, Gordon B, Burstein G, Tenenbaum S, Derazne E, Tzur D, Shamis A, Afek A, Kreiss Y. The Prevalence of Cruciate Ligament and Meniscus Knee Injury in Young Adults and Associations

with Gender, Body Mass Index, and Height a Large Cross-Sectional Study. J Knee Surg. 2017 Jul;30(6):565-570. doi: 10.1055/s-0036-1593620. Epub 2016 Nov 23. Erratum in: J Knee Surg. 2017 Jul;30(6):e2.

62. Munugoda IP, Beavers DP, Wirth W, Aitken DA, Loeser RF, Miller GD, Lyles M, Carr JJ, Guermazi A, Hunter DJ, Messier SP, Eckstein F. The effect of weight loss on the progression of meniscal extrusion and size in knee osteoarthritis: a post-hoc analysis of the Intensive Diet and Exercise for Arthritis (IDEA) trial. Osteoarthritis Cartilage. 2020 Apr;28(4):410-417.
63. Lee JH, Oh S, Kim K, Lee D, Son E, Kim TW, Goh TS, Cho NR, Kim YH. Body mass index and meniscal tears: Evidence from meta-analysis of observational studies and Mendelian randomization. Obes Rev. 2024 Jul;25(7):e13749.