

**T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ
ANABİLİM DALI**

Tez Danışmanı
Dr. Öğr. Üyesi Fethi Emre USTABAŞIOĞLU

**PİRİFORMİS SENDROMU TANISINDA SHEAR WAVE
ELASTOGRAFİ VE SUPERB MICROVASCULAR
IMAGING YÖNTEMLERİNİN ETKİNLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ**

(Uzmanlık Tezi)

Dr. Uğur GÜLSARAN

EDİRNE - 2020

TEŞEKKÜR

Tezimin hazırlanmasındaki tüm aşamalarda yakın ilgi ve desteğini gösteren, değerli zamanını ayıran tez danışmanım Sn. Dr. Öğr. Üyesi Fethi Emre USTABAŞIOĞLU'na, her sorunumda yanımda olan ve bana yol gösteren değerli anabilim dalı başkanımız Sn. Prof. Dr. Nermin TUNÇBİLEK'e, uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, Sn. Dr. Öğr. Üyesi Serdar SOLAK, Sn. Dr. Öğr. Üyesi Osman KULA ve Sn. Dr. Öğr. Üyesi Derya KARABULUT'a, Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim dalında özveri ile çalışan tüm iş arkadaşlarıma, değerli eşim Dr. Sedanur KARAMAN GÜLSARAN'a ve aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
GENEL BİLGİLER.....	3
ANATOMİK ÖZELLİKLER	3
PİRİFORMİS SENDROMU ETİYOLOJİ, TANI VE TEDAVİSİ.....	5
SHEAR WAVE ELASTOGRAFİ VE SUPERB MICROVASCULAR IMAGING YÖNTEMLERİ	14
GEREÇ VE YÖNTEM	17
BULGULAR	21
TARTIŞMA	28
SONUÇLAR.....	35
ÖZET	36
SUMMARY	38
KAYNAKLAR.....	40
EKLER	

KISALTMALAR

ARFI	: Acoustic radiation force impulse
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
BTr	: Büyük Trokanter
EMG	: Elektromiyografi
GM	: Gluteus maksimus
GN	: Gerçek negatiflik
GP	: Gerçek pozitiflik
kPa	: Kilopaskal
MRE	: Manyetik rezonans elastografi
MRG	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
mSMI	: Monokrom superb microvascular imaging
cSMI	: Color superb microvascular imaging
NPD	: Negatif prediktif değer
Op	: Operatör
Ort	: Ortalama
PD	: Power Doppler
PK	: Piriformis Kası
PPD	: Pozitif prediktif değer
PS	: Piriformis Sendromu
ROC	: Receiver operating characteristic
ROI	: Region of Interest

SKK : Sınıf içi korelasyon katsayısı
SWE : Shear Wave Elastografi
SMI : Superb Microvascular Imaging
SS : Standart sapma
T1AG : T1 ağırlıklı görüntülerde
T2AG : T2 ağırlıklı görüntülerde
TE : Transient Elastografi
YN : Yanlış negatiflik
YP : Yanlış pozitiflik
2D-SWE : İki boyutlu Shear Wave Elastografi
3D-SWE : Üç boyutlu Shear Wave Elastografi



GİRİŞ VE AMAÇ

Piriformis sendromu (PS), piriformis kasındaki (PK) anormal durum nedeniyle siyatik sinir kompresyonu sonucunda gelişen nöromusküler bir hastalıktır (1). Bel, kalça ve bacak ağrısının nadir bir nedeni olan PS, genellikle PK'deki hipertrofi, inflamasyon ya da anatomik varyasyonlara bağlı olarak siyatik sinirin siyatik çentikte tuzaklanmasına bağlı olarak meydana gelmektedir (2).

Siyatik sinir kaynaklı olan bel, kalça ve bacak ağrısını tanımlamada siyatalji terimi sıklıkla kullanılmaktadır (3). Siyataljiye neden olan başlıca sebepler; disk herniasyonları, lomber spinal stenoz, spondilolistezis, PS, spinal tümör ve enfeksiyöz süreçler olarak sayılabilir (3).

İlk olarak Yeoman tarafından 1928 yılında PK'nin siyatik sinire yakınlığı nedeniyle bası ve siyatalji durumuna neden olabileceği belirtilmiştir (4). 1937 yılında Freiberg PK'ye bağlı siyataljide; pozitif Lasague işareti, siyatik çentik seviyesinde hassasiyet, lomber spinal traksiyon ve PK'yi gevşetici miyofasyal prosedürlerle semptomların azalmasını anlamlı bulmuştur (5). Robinson tarafından 1947 yılında PS olarak adlandırılmış ve tanı kriterleri bildirilmiştir (6).

PS tanısı; lomber spinal bölge, kalça ve sakroiliak eklem patolojileri ekarte edildikten sonra öncelikle dışlama tanısı olarak konulmuştur (7). PS tanısının literatürde olduğundan fazla ya da olduğundan az gösterildiğine dair tartışmalar bulunmakta olup 2003 yılında Stewart tarafından yayınlanan makalede PS'nin olduğundan daha fazla teşhis edildiği belirtilmiştir (8). Lewis ve arkadaşlarının 2006 yılında yayınladığı makalede ise spinal dışı nedenlere bağlı açıklanamayan siyatalji olgularının büyük bir kısmında manyetik rezonans görüntülemeye (MRG) siyatik sinirde PS ile ilişkili olabilecek fokal sinyal artışları saptanmış

ve buna bağı olarak muhtemelen PS'nin yetersiz teşhis edildiği sonucuna varılmıştır (9). Konfirme edilmesi zor olsa da, PS'nin siyatalji olgularının yaklaşık %6'sında etiyolojide rol oynadığı tahmin edilmektedir (7).

Elektromiyografi (EMG), bilgisayarlı tomografi (BT), MRG ve ultrasonografi (USG) gibi görüntüleme yöntemlerinden PS tanısında faydalanılabilmektedir (10). Radyolojik görüntüleme tekniklerinin PS tanısında yeri sınırlıdır ancak spinal patolojilerin dışlanması, PK yapısının ve genişliğinin değerlendirilmesine katkı sağlamaktadır (11). PS tanısında altın standart tanı yöntemi bulunmamakla birlikte Demirel ve arkadaşları strain elastografinin etkinliğini değerlendirmiş ve PS' de etkinen taraf PK'de yüksek sertlik değerlerinin saptandığına dair anlamlı sonuçlar elde etmişlerdir (12).

Ultrason elastografi; dokuların doğal elastikiyeti, travma, dejenerasyon, iyileşme süreçleri ve tümörlerin neden olduğu doku değişimlerini tespit etme potansiyeline sahip yenilikçi bir yöntemdir (13). Farklı elastografi tipleri bulunmakla birlikte klinik pratikte strain (gerilim) ve shear wave elastografi (SWE) olmak üzere şu anda iki çeşit elastografi tekniği sıklıkla kullanılmaktadır (13). Strain elastografide hedef doku elastikiyetinin belirlenmesi eksternal olarak prob aracılığı ile uygulanan gerilme ve strese bağı olarak hesaplanmaktadır (14). En son geliştirilen yöntem olan SWE ise operatörün prob ile ilave baskı oluşturmaya ihtiyaç duymadan dokudaki mekanik titreşimleri indüklemek için odaklanmış ultrasonik dalgalar tarafından oluşturulan akustik radyasyon kuvvetini kullanan elastografi tekniğidir (14).

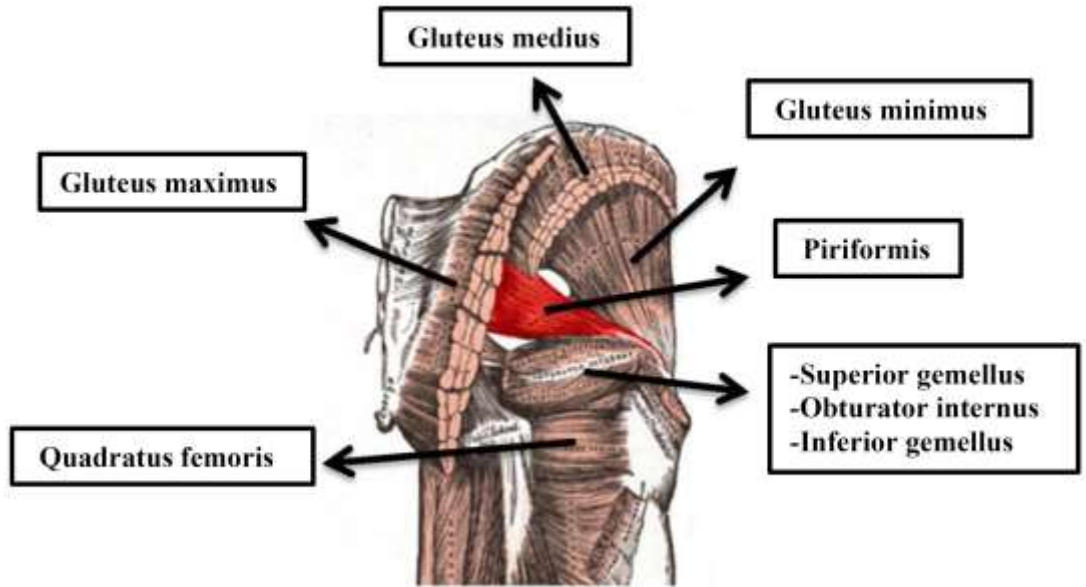
Konvansiyonel Doppler USG teknikleri, küçük kan damarlarında akan kan hacminin görüntülenmesinde, yakın doku hareketleri nedeniyle oluşan karışıklıklara bağı teknik sınırlılıklar göstermektedir (15). Gelişmiş akım algılama görüntüleme teknikleri ile bu sınırlamalarda belirgin ilerleme kaydedilmiştir (15). Bunlardan biri olan superb microvascular imaging (SMI), akım sinyallerini doku hareket artefaktlarından ayırıştırarak küçük çaptaki damar akımlarını yüksek detay özellikleri ile tanımlamamıza olanak sağlayan oldukça güncel bir tekniktir (15).

Literatürde günümüz koşullarında, SWE ve SMI yöntemlerinin PS tanısında etkinliğini değerlendiren çalışma bulunmamaktadır. Çalışmamızda bu gelişmiş güncel yöntemler ve ölçüm metotlarının PS'de tanısal etkinliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

GENEL BİLGİLER

ANATOMİK ÖZELLİKLER

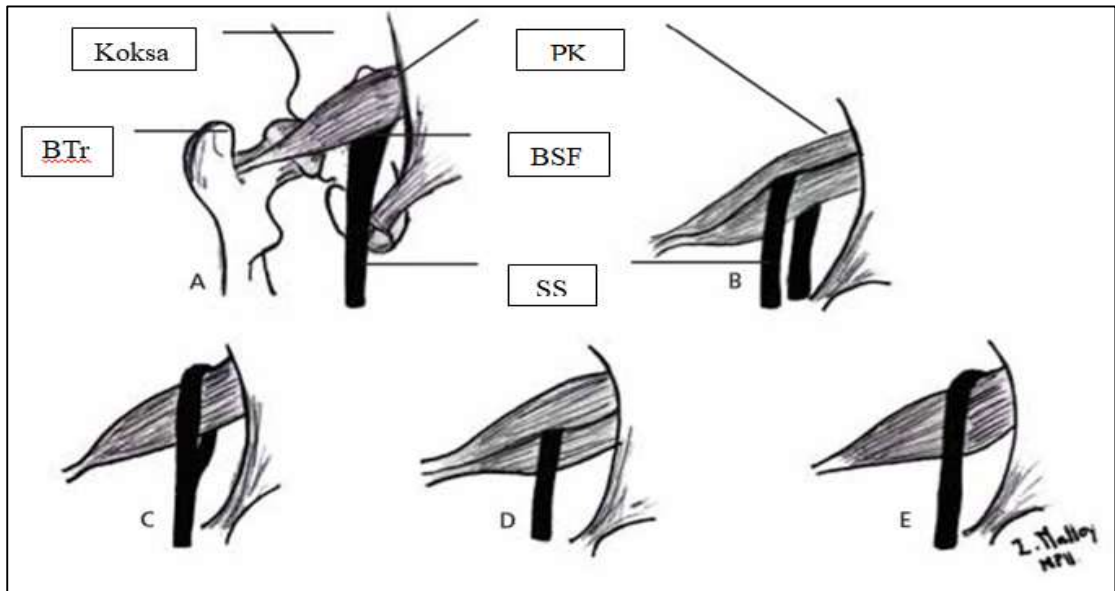
PK, sakral 2-4 vertebra seviyesi anteriorundan sakroiliak eklem kapsülünden orijin almaktadır (10). Büyük siyatik foramenden geçerek femurda sonlanım gösteren piramidal şekilli bir kas olup şekil 1’de PK’nin gluteal bölgedeki diğer kaslarla olan ilişkisi gösterilmiştir (10). PK S1-S2 ve daha az ölçüde L5 ventral dalları tarafından innerve edilmekte olup dominant olarak inferior gluteal arter dallarından beslenmektedir (16).



Şekil 1. Yukarıdaki şekilde piriformis kasının gluteal bölge kaslarıyla ilişkisi gösterilmektedir. Resimde gluteus maksimus ve gluteus medius kasları diseke görünümündedir.

Uyluk proksimali ve gluteal bölgedeki altı kısa dış rotator kastan biri olan PK, gluteus medius kasının arka kenarına paralel olarak gluteus maksimus kasının derininde seyretmektedir (17). Pelvisten gluteal bölgeye seyrinde büyük siyatik çentikten geçen PK, sonlanımı öncesinde internal obturator kas ve superior-inferior gemellus kaslarının tendonlarıyla birleşerek femur büyük trokanterin (BTr) üst medial bölgesine insersiyon yapmaktadır (17). PK kalça fleksiyonda olduğu zaman abduksiyon, kalça nötral pozisyonda iken eksternal rotasyon yapılmasında, ayrıca ayaktayken ve yürürken postüral stabilitenin sağlanmasında önemli role sahiptir (10).

PS'nin doğru anlaşılabilmesi için PK ve siyatik sinir arasındaki varyasyonların bilinmesi gerekir. Lumbosakral pleksustan kaynaklanan siyatik sinir; siyatik çentiği piriformis kasının inferiorundan geçtikten sonra pelvisten çıkış yapar (11). Popülasyonun yaklaşık %96'sında siyatik sinir büyük siyatik forameninden PK alt konturu derini boyunca çıkış yapmaktadır. %22 kadarlık bir grupta ise siyatik sinir PK'yi delerek veya bir kısmını yararak PS'ye eğilimi arttırır. Siyatik sinirin tamamı ya da bölünerek bir kısmı, (genellikle de fibular kesimi) kas içerisinden geçebilir. Siyatik sinir çok nadir olarak PK'nin üstünden büyük siyatik foramenlerden çıkabilir. Ayrıca sakrumdan orijin alan kas liflerinin varyatif olarak kayması sonucunda PK'nin aksesuar kas demetleri oluşabilmektedir (18). Siyatik sinir ve piriformis kası ile ilgili varyasyonlar Şekil 2'de gösterilmektedir (11).



A: SS PK inferior konturundan geçerek büyük siyatik forameninden çıkıyor, **B:** SS tibial dalı PK'yi yararak geçiş gösteriyor, **C:** SS tibial dalı PK üst konturundan geçiş gösteriyor, **D:** SS PK'yi delerek geçiş göstermektedir, **E:** SS bütün halinde PK üst konturundan büyük siyatik forameninden çıkıyor, **PK:** Piriformis kası, **SS:** Siyatik sinir, **BSF:** Büyük siyatik foramen, **BTr:** Büyük trokanter.

Şekil 2. Piriformis kası ve siyatik sinir arasındaki ilişki (11)

PIRIFORMİS SENDROMU ETİYOLOJİ, TANI VE TEDAVİSİ

Etiyoloji

PS’de başlıca etiyolojik nedenler arasında travma, anatomik varyasyonel değişiklikler, miyofasyal tetik nokta, hipertrofi, inflamasyon, miyozitis ossifikans sayılabilir (19). Aşağıda Tablo 1’de etiyolojik nedenler ayrıntılı olarak gösterilmektedir (19)

Tablo 1. Piriformis Sendromunda etiyolojik nedenler

- Sakroiliak ve gluteal bölgeye travma öyküsü - Anatomik varyasyonlar - Miyofasyal tetik nokta - PK’de hipertrofi ve spazm - Laminektomiye sekonder - Apse, hematoma, miyozit, PK bursiti, infrapiriform foramen lokalizasyonundaki neoplaziler, kolorektal karsinom, siyatik sinir nörinomasi, episakroiliak lipom - İntragluteal enjeksiyon - Femoral implant - PK miyozitis ossifikansı - Klippel-Trenaunay
--

PS’de klinik tablonun oluşumuna somatik ve nöropatik olmak üzere katkıda bulunan iki faktör mevcuttur (19). PS’nin altta yatan somatik bileşeni, PK’de ortaya çıkan miyofasial ağrı sendromudur ve bu duruma internal obturator kas gibi komşuluğundaki kaslarda katkıda bulunabilir (19). Nöropatik komponent ise siyatik sinirin infrapiriform forameninden geçerken kompresyon ve irritasyonuna bağlı olarak klasik dağılım paterninde ağrı oluşmasına neden olur (19).

PS, primer ve sekonder olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Primer grubun etiyolojisinde, anatomik varyasyonlar, PK hipertrofisine bağlı dinamik sıkışma gibi durumlar sayılabilir (20). Sekonder grupta ise, travma veya aşırı kullanım zedelenmeleri benzeri tetikleyici faktörler söz konusudur (20). Anatomik varyasyonlara bağlı nedenler ve geçirilmiş gluteal travmanın etiyolojide önemli bir bölümü oluşturduğu düşünülmektedir (21). Bununla birlikte hastaların çoğunda tanımlanabilir bir neden bulunmamaktadır (19).

Tanı

Yeoman tarafından 1928 yılında ilk defa PK'nin siyatalji nedeni olabileceği bildirildiğinden beri günümüze kadar birçok araştırma yapılmış olup halen tanıda altın standart görüntüleme yöntemi bulunmamaktadır (21). Tanı aşaması her zaman kolay olmamakla birlikte anamnez ve klinik muayene bulguları ile PS tanısı büyük ölçüde konulabilmektedir (19). İlk defa 1947 yılında Robinson tarafından lumbosakral omurga kaynaklı patolojilerin aksine PK'deki anormal durumun neden olduğu siyataljiyi nitelendirmek için PS tanımını kullanılmış olup PS'yi major semptom ve klinik bulguları içeren altı madde altında tanımlamıştır (6, 16). Robinson bu maddeleri “kardinal özellikler” olarak yorumlamıştır ve bu kriterleri sağlayan olgularını PS olarak değerlendirmiştir (6). PK'nin palpasyonla hassasiyeti ve kasın sosis benzeri şekille ele gelmesini neredeyse patognomonik bir bulgu olarak belirtmiştir (6).

Tablo 2. Robinson tanı kriterleri (1947)

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">- Sakroiliak / gluteal bölgeye travma öyküsü- Sakroiliak / gluteal bölgede ağrı olması ve ağrının bacağı doğru yayılarak yürümede güçlüğü neden olması- Alt ekstremitayı kaldırma-eğilme sırasında ağrı ve kalça kaslarını germe sonucu rahatlama- PK'nin derin palpasyonda hassasiyeti ve sosis şeklinde kasın ele gelmesi- Pozitif Lasegue testi olması- Hastalığın süresine bağlı olarak gluteal atrofi gelişebilir. |
|--|

2003 yılında Stewart, PS'yi pratik uygulanması oldukça zor olan beş sıkı kritere sahip siyatik nöropati olarak nitelendirmiştir (8). Stewart'ın belirttiği tanı kriterleri Tablo 3'de sıralanmıştır (8). Kriterlerde yer alan elektrodiagnostik ve cerrahi konfirmasyon gerekliliği Stewart kriterleri altında PS'yi oldukça nadir görülen bir fenomen haline dönüştürmekte olup tariflenen beş kriteri de karşılayan sadece altı dökümente olgu bulunmaktadır (8).

Tablo 3. Stewart tanı kriterleri (2003)

- Siyatik sinir hasarı
- Siyatik sinir hasarı olduğunu gösteren elektrodiagnostik kanıt
- Spinal, pelvik bölge ve siyatik çentiğinin normal olduğunu gösteren görüntüleme
- Cerrahi eksplorasyon ile piriformis kasının siyatik sinire basısının doğrulanması
- Cerrahi dekompresyon sonrası semptomlarda azalma

2018 yılında Jason Pan ve arkadaşlarının yayınladığı yazıda ise özellikle Stewart'ın klinik pratikte uygulaması oldukça zor olan kriterlerine alternatif olarak daha uygulanabilir bir yaklaşım sağlamayı amaçlayan ve Tablo 4'de belirtilen beş maddeden oluşan tanı kriterleri önerilmiştir (16). Kriterlere göre gluteal bölgede belirgin olan ağrı (fokal ya da yayılım gösterebilir), siyatik çentik seviyesinde palpasyonla hassasiyet, PK aktif kontraksiyon-pasif gevşemesine neden olan test-manevraların pozitif olması, ağrıya neden olabilecek alternatif tanılarının dışlanması durumunda olguların PS olarak değerlendirilmesi önerilmiştir (16).

Tablo 4. Jason Pan tarafından önerilen piriformis sendromu tanı kriterleri (2018)

- Gluteal bölgede belirgin ağrı
- Ağrı fokal ya da uyluk posterioruna yayılan karakterde olabilir
- Siyatik çentik çevresinde palpasyonla hassasiyet
- PK'nin aktif kontraksiyonu veya pasif gevşemesinin ağrıyı provake etmesi
- Ağrının alternatif nedenlerle açıklanamaması

PS'li hastalarda yukarıda da değinildiği gibi tanıya yardımcı çeşitli semptomlar ve klinik bulgular mevcut olup en sık karşılaşılan semptom 15-20 dakika oturmakla artan, PK lokalizasyonunda, yani kalça bölgesinde özellikle de sakrum ve BTr medialinde kasın yapışma noktalarında oluşan ağrıdır (11). Kademeli ve ani başlangıçlı olabilen semptomlar, genellikle PK'de oluşan spazm veya siyatik sinirin sıkışması ile ilişkilidir (11). PS'de ortaya çıkan semptomlar (Tablo 5) ve klinik bulgular (Tablo 6) toplu olarak aşağıda, tablolar halinde gösterilmiştir (11).

Tablo 5. Piriformis Sendromu İlişkili Semptomlar

- 15-20 dakikadan uzun süren oturmayla, ayakta durmayla ve yatmakla olan ağrı - Genellikle diz üstünde dururken sakrumdan gluteal bölgeye ve uyluğun arka tarafına yayılan ağrı ve / veya parestezi - Yürümeyle düzelen ve hareketsizken artan ağrı - Oturma ve çömelmeden kalkarken ağrı olması - Pozisyonun değiştirilmesi ile ağrının tamamen ortadan kalkmaması - Kontralateral sakroiliak bölgede ağrı - Yürümede zorlanma - Ayakta uyuşma - İpsilateral alt ekstremitede güçsüzlük - Baş-Boyun ağrısı - Abdominal, pelvik ve ingüinal ağrı - Disparoni - Barsak hareketliliği sırasında ağrı
--

Tablo 6. Piriformis Sendromu İlişkili Klinik Bulgular

- Sakroiliak eklem, büyük siyatik çentik ve PK bölgesinde hassasiyet - PK üzerinde hassasiyet - İpsilateral gluteal bölgede palpabl kitle - Etkilenen ekstremitede traksiyonla ağrıda orta derecede rahatlama - Etkilenen ekstremitede asimetric güçsüzlük - Piriformis işareti pozitifliği - Lasègue işareti pozitifliği - Freiberg işareti pozitifliği - Pace işareti pozitifliği - Beatty test sonucu pozitifliği - İpsilateral alt ekstremitenin sınırlı medial rotasyonu - İpsilateral kısa bacak - Kronik vakalarda gluteal atrofi - Kompansatuar lomber rotasyonla birlikte kontralateral tarafa persistan sakral rotasyon

PS fizik muayenesinde PK'nin orantısız gerginliğine neden olabilecek fonksiyonel hareket paternleri değerlendirilmekte olup bu amaçla kullanılan testleri yaparken hastanın ağrısının olması ya da artması pozitif olarak kabul edilmektedir (16). Fizik muayenede genel olarak kullanılan test ve manevralar aşağıda Tablo 7'de gösterilmiştir (16).

Tablo 7. Piriformis Sendromu tanısında fizik muayenede kullanılan yardımcı test ve manevralar

- FAIR (Fleksiyon, Addüksiyon, Internal Rotasyon) testi - Lasegue manevrası - Freiberg manevrası - Beatty manevrası - Pace manevrası
--

FAIR (Fleksiyon, Addüksiyon, Internal Rotasyon) testinde, sırt üstü ya da yan yatış pozisyonunda muayene eden kişi tarafından pasif olarak hastanın semptom olan tarafında kalçası 90 derece fleksiyona ve diz 60-90 derece fleksiyona getirilir. Daha sonra piriformis kasına gerilim uygulamak için kalçaya internal rotasyon ve addüksiyon yapılır (16).

Lasegue manevrasında, siyatik sinirde nöral gerilim yaratmak için kalça 90 derece fleksiyona getirilir ve daha sonra diz uzatılır. Bu manevrayı dizin zaten uzatılmış bir şekildeyken kalçanın fleksiyona getirilmesi ve 30-70 dereceler arasında ağrının provake olmasının beklendiği “straight leg raise test” ile karıştırmamak gerekir (16).

Freiberg manevrası, PK'de gerilim yaratmak için uzatılmış halde olan kalça ekleminin pasif olarak internal rotasyona getirilmesidir (16).

Beatty manevrası, hasta lateral dekübit pozisyonunda, etkilenen taraf yukarıda olacak şekilde yatarken kalça abdüksiyona getirilir ve dizin 5-10 cm kalkması sağlanır (16).

Pace manevrası, oturur pozisyonda iken kalçanın dirençli abdüksiyonu ve dış rotasyonu ile PK aktive edilir (16).

PS ayırıcı tanısında, gluteal bölge ve alt ekstremitede ağrı ile prezante olabilen geniş bir liste yer almakta olup eşlik eden sırt ağrısının var olup olmamasına göre sınıflandırmak uygun bir yaklaşım olabilir (16). Bel ve sırt ağrısı varlığında özellikle nörolojik defisit de mevcutsa lumbosakral spinal bölge ilişkili patolojiler için ek incelemeler gerekebilir (16). Tablo 8'de ayrıntılı biçimde ayırıcı tanı listesi verilmiştir (19).

Tablo 8. Piriformis sendromunda ayırıcı tanı

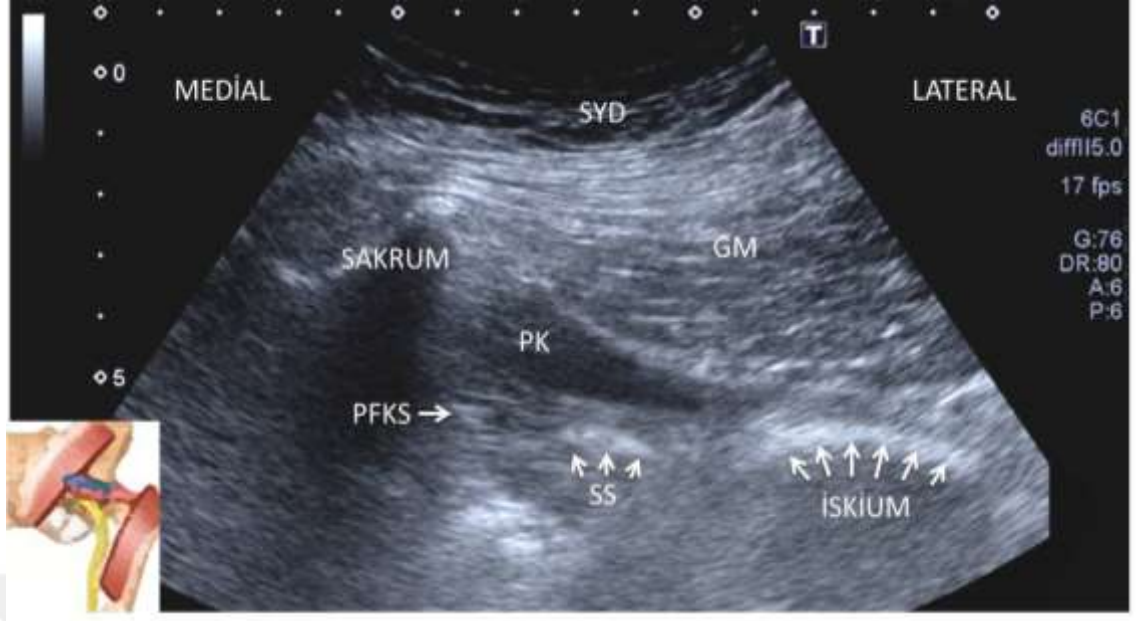
- Sakroiliak eklem patolojileri
- Jinekolojik cerrahi sonrası gelişen inferior gluteal arter psödoanevrizması
- İliak ven trombozu
- Gluteal varislerden kaynaklanan siyatik sinirin ağrılı vasküler kompresyon sendromu
- İntervertebral disk herniasyonları
- Post-laminektomi sendromu ya da koksikse bağlı patolojiler
- Psödoradiküler S1 sendromu
- L4-L5 ya da L5-S1 posterior faset sendromu
- Tanımlanmamış pelvik fraktürler
- Lomber osteokondroz
- Tanı almamış renal kalküller

Fizik muayene PS'ye işaret ettiğinde, alternatif tanıları ekarte etmek için daha ileri tanı testleri kullanılabilir. Ayırıcı tanıda radyografi, USG, BT ve MRG gibi çeşitli görüntüleme modalitelerinden faydalanmak mümkündür.

Radyografinin, PK ve siyatik sinirin direk değerlendirmesinde rolü olmamakla birlikte kemik yapı ile ilişkili lomber spondilolistezis, kalça osteoartriti gibi patolojileri ayırt etmede fayda sağlayabilir (16).

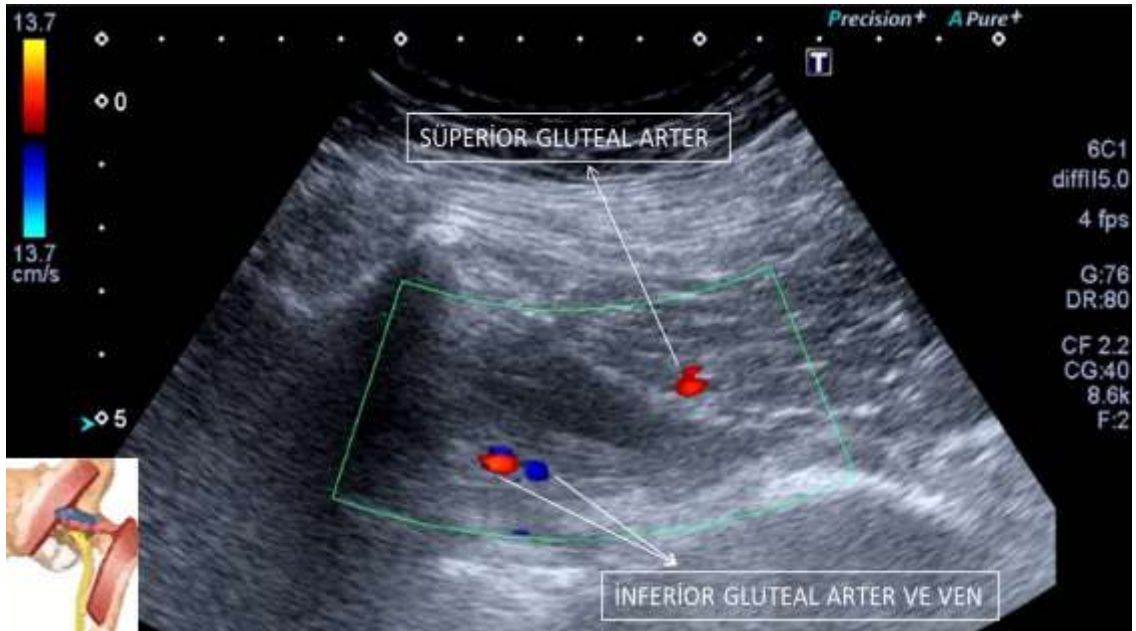
PK ve siyatik sinirin anormal anatomisini değerlendirmek için MRG kullanılmasına rağmen, PS tanısı için belirlenmiş görüntüleme kriterleri bulunmamaktadır (16). MRG ve BT PK'nin genişlemesini gösterebilse de bu modaliteler özellikle disk ve vertebra ilişkili patolojilerde kullanılmaktadır (11). MRG, lumbosakral radikülopati gibi ağrıya neden olabilecek diğer patolojileri dışlamak için en kullanışlı yöntemdir (16). MRG değişken anatominin karakterize edilmesinde rol oynayabilir, ancak anatomik anomalilerin varlığının PS tanısı olmadığını belirtmek önemlidir.

USG; PK'nin, siyatik sinirin ve gluteal damarların doğrudan ve dinamik olarak görüntülenmesine izin verdiği için non-diskopatik siyatik sinir ağrılarında tercih edilebilen önemli görüntüleme ve rehberlik tekniğidir (16). Spina iliaca posterior superior ve inferior, kemik landmark olarak kullanılarak sakrumun hemen lateraline prob konulduğunda PK longitudinal planda vizüalize edilebilmektedir. USG görüntülerinde PK ve çevresel önemli anatomik oluşumlar Şekil 3 ve 4'te ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



GM: Gluteus maksimus, PK: Piriformis kası, PKFS: Posterior kutanöz femoral sinir, SS: Siyatik sinir, SYD: Subkutan yağlı doku

Şekil 3. Büyük siyatik çentik düzeyinde posterior yaklaşımla sekilde mavi dikdörtgen ile gösterilen düzlemde elde edilen ultrasonografi görüntüsünde piriformis kasının çevresel anatomik oluşumlarla ilişkisi izlenmektedir.



Şekil 4. Renkli Doppler incelemede şekil 3'deki ultrasonografi görüntüsü ile benzer planda piriformis kasının derininde inferior gluteal arter-ven ve yüzeysel komşuluğunda superior gluteal arter ile ilişkisi gösterilmiştir.

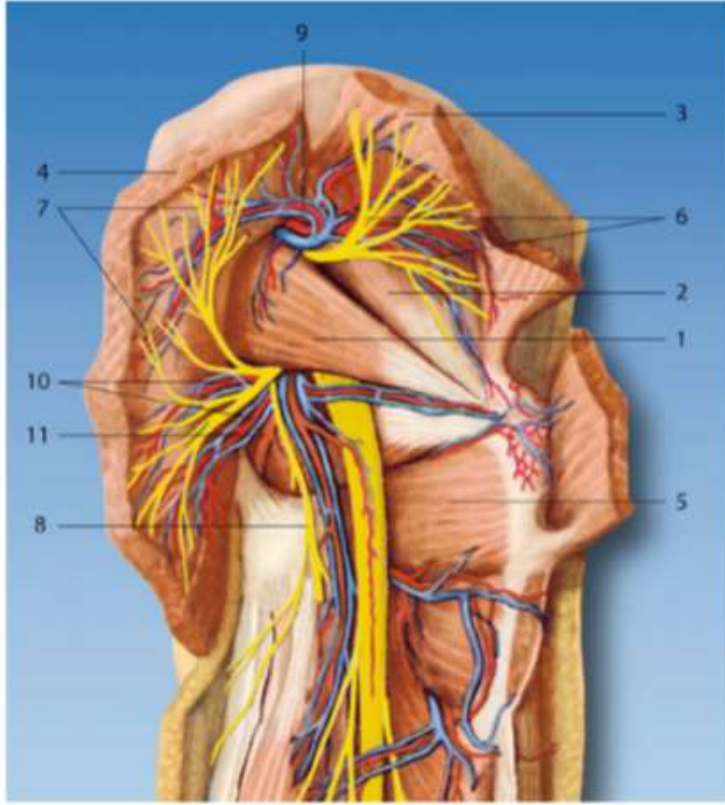
Paul Hoffmann tarafından 1918'de gerçek bir refleks olarak belirtilen H-refleksinin (Hoffmann Reflex) sunulması; sensorial afferent, sinaps, motor efferent ile sinir kökü ve proksimal sinir segmentleri arasında iletim hızının iğsi yapıdaki kaslarda ölçülebilmesine ve kaydedilmesine imkan sağlamaktadır (22). Anatomik pozisyonda uyarılmamış elektrofizyolojik testlerin tanıda rolü minimal olmakla birlikte bu testlerin etkinliği FAIR testi ile birlikte kullanıldığında artmaktadır (19). FAIR pozisyonunda siyatik sinir PK tarafından sıkıştırıldığında, elektromiyografide (EMG) H-refleksinde gecikme gözlenecektir (22). Test, anatomik pozisyonda ortaya çıkan posterior tibial ve peroneal H-reflekslerini FAIR testiyle birlikte elde edilen H refleksleriyle karşılaştırmaktadır (normal ortalama uzama: 0.62 msn). FAIR testinde 1,86 msn ve üzeri bir uzama PS tanısı için elektrofizyolojik bir kriterdir (19).

Literatürde tartışmalar olsa da alt ekstremité ve kalça bölgesinde ağrısı bulunan olguların bir kısmı piriformis kasına yönelik tedavi yaklaşımlarına cevap vermektedir (23). Bu nedenle PS, öncelikle dışlama tanısı olarak değerlendirilmeli ve diğer lumbosakral bölge patolojileri ekarte edildiğinde önemli bir klinik antite olarak akılda tutulmalıdır (23).

Tedavi

Siyatalji nedeni olan PS genellikle fizik tedavi, yaşam tarzı modifikasyonu, farmakolojik ajanlar (non-steroid anti-inflamatuar ajanlar, kas gevşeticiler, nöropatik ağrı kesici ilaçlar) ve psikoterapi dahil olmak üzere konservatif tedavilere büyük oranda yanıt vermektedir (19). Genel konservatif tedaviye yanıt alınamadığında girişimsel tedavi yöntemleri gündeme gelebilir ve nadiren zorlu durumlarda vakalar cerrahiye gidebilir (19).

PK enjeksiyonu genellikle multimodal tedavinin bir parçası olarak hastalara sunulur. PK, elektrofizyolojik stimülasyon veya stimülasyonsuz olarak görüntüleme tekniklerinin klavuzluğunda ya da landmark yöntemi ile hedeflenebilir (19). Şekil 5'de gösterildiği gibi PK'nin pelvik kavite, siyatik sinir ve inferior gluteal arter ile olan yakın ilişkisinden dolayı landmark tabanlı görüntüleme desteksiz yöntem önerilmemektedir (19).



Kaslar: 1-Piriformis, 2-Gluteus Minimus, 3-Gluteus Medius, 4-Gluteus Maksimus, 5-Quadratus Femoris
Sinirler: 6-Superior Gluteal, 7-Inferior Gluteal, 8-Posterior Kutanöz Femoral
Arterler: 9-Superior Gluteal, 10-Inferior Gluteal, 11-İnternal Pudental

Şekil 5. Piriformis kasının çevre kas ve nörovasküler yapılarla olan ilişkisi:

USG eşliğinde enjeksiyon, nörovasküler yapıların doğrudan ve dinamik olarak görüntülenmesine izin verdiği için tercih edilen yöntemdir (16). PK, prob longitudinal planda sakrumun hemen lateralinde spina iliaca posterior superior ve spina iliaca posterior inferior kemik landmark olarak kullanıldığında identifiye edilebilir (16). Enjeksiyondan önce siyatik sinir görülmeli ve kas kılıfı ya da intramusküler enjeksiyon için iğne trasesi medialden laterale doğru olmalıdır (16). PS tedavisi ile ilgili literatürde yer alan çalışmalarda lokal anestezipler, steroid ve botulinum toksin enjeksiyonları üzerine yoğunlaşmıştır (23). Konservatif tedavi seçenekleri ve enjeksiyona rağmen şikayeti düzelmeyen nadir olgularda PK'nın BTr yapışma yerinden cerrahi olarak gevşetilmesi gündeme gelebilir (24).

SHEAR WAVE ELASTOGRAFI VE SUPERB MICROVASCULAR IMAGING YÖNTEMLERİ

Konvansiyonel USG ve Doppler teknikleri, son birkaç dekatta günlük radyoloji pratiğinde kas-iskelet sistemini de içeren çeşitli dokuların travmatik ve diğer patolojik durumlarını değerlendirmede rutin olarak uygulanmaktadır (25). Konvansiyonel USG yöntemlerinde bazen sağlıklı ve patolojik dokularda, özellikle prelinik ve erken dönemlerde benzer ekojenite özellikleri saptanabilmektedir (26). Son dönemlerde ortaya çıkan ve hızla geliştirilen SWE ve SMI teknikleri doku elastikiyeti ve vaskülarizasyonu hakkında ek bilgiler sağlayarak tanı sürecine katkıda bulunmaktadır.

Shear Wave Elastografi (SWE)

Güncel literatürlerde SWE'nin tendon, kas, sinir ve ligamanları da içeren çeşitli kas-iskelet sistemi yumuşak dokularının değerlendirilmesinde yararlı olduğu yönünde umut verici sonuçlar bulunmakta olup devam eden araştırmalarda günlük rutinde sıklıkla faydalandığı belirtilmektedir (26). Dinamik elastografi olarak da adlandırılan SWE, yeni uygulamaların ve klinik uygulamaların da eklenmesiyle kas-iskelet sistemi dokularının değerlendirilmesinde son dekatta giderek artan şekilde kullanılmakta ve mekanik-elastik doku özelliklerini ölçerek gri skala ultrasonografi, renkli Doppler verilerini tamamlayarak tanıya yardımcı olmaktadır (26).

SWE'de dışardan manuel olarak uygulanan kompresyon yerine ultrason probu ile dokuya kısa süreli (0,03-0,4 ms), yüksek güçlü (frekans 2,67 MHz) akustik itici radyasyon kuvveti uygulanmakta ve bu kuvvet dokuda küçük yer değiştirmelere sebep olmaktadır (1-10 μ m) (27). Horizontal planda tanımlanan bu yer değiştirmelere "shear wave" adı verilmekte olup yüksek özellikli ultrason örnekleme yöntemleri ile bu dalgaların dokuda ilerleme hızı ölçülebilmektedir (27). "Shear wave" hızı, dokunun sertliği ile doğru orantı göstermektedir (m/s veya kilopaskal olarak) (27). SWE'de, prob kompresyonu ve oluşan kullanıcı bağımlı değişkenliğin ortadan kaldırılmasıyla dokuya uygulanan kuvvet sabitleşip değişen parametre "shear wave" ilerleme hızı olmaktadır (27). Bu nedenle elde edilen hız değerleri objektif elastisite değerlerini yansıtmakta ve dışarıdan çok fazla baskı uygulandığında oluşabilecek yalancı yükseklik dışında kompresif elastografide olan kullanıcı bağımlılığını ortadan kaldırmaktadır (27).

Sonoelastografide kullanılan temel yöntemler Tablo 9'da gösterilmiş olup transient elastography (TE), point shear wave elastography (pSWE), 2D shear wave elastography (2D-SWE) ve 3D shear wave elastography (3D-SWE) shear dalga özelliğini kullanmaktadır (28).

Transient elastografinin dezavantajı gri skala görüntülemesine ait veri bulunmaması ve bu yöntemle oluşturulan shear dalgalarının sıvı içinde iletilmemesidir (28). ARFI (“Acoustic radiation force impulse”) adı verilen teknik doku deformasyonu kolime edilmiş güçlendirilmiş US dalgaları ile oluşturulur ve bu da uygulanan dokuda primer US dalgalarına dik yatay ilerleyen “shear” dalgalarının oluşmasına neden olmaktadır (28). ARFI tek fokal bölgede (“point shear wave”) ya da eşzamanlı çoklu fokal zonlarda (“supersonic shear imaging”) uygulanabilmekte ve bu sayede birden fazla noktada dokunun sertliğinin ölçülmesine izin vermektedir (28). Aynı zamanda bu yöntem ile gri-skala US ile gerçek zamanlı elastografik inceleme de yapılabilmektedir (28). pSWE’de, ARFI dalgaları ile oluşturulan shear dalgaları fokal bir bölgede örnekleme yapılmasına imkan vermekte olup transient elastografide olduğu gibi renkli haritalandırma olmadan veriler elde edilebilmektedir (28). Transient elastografiye ek olarak bu yöntemde eş zamanlı gri skala inceleme kılavuzluğuna imkan vermektedir (28). 2D-SWE ve 3D-SWE, eşzamanlı doku içine çoklu ARFI dalgası uygulanması sayesinde oluşan sayıca daha fazla shear dalgasının ölçümü yoluyla elde edilen görüntüleme metodu olup pSWE’de kullanılan ROI (region of interest)’ye kıyasla daha büyük bir ROI yerleştirilir ve renkli elastografi haritası elde edilebilmektedir (28).

Tablo 9. Sonoelastografide kullanılan temel yöntemler

Elastografi Yöntemi	
“Strain” Görüntüleme	“Shear Wave” Görüntüleme
- Strain elastografi Dokuya mekanik dış bası: Prob ile bası, kardiyovasküler pulsasyon, solunumun oluşturduğu doku pulsasyonu	- Transient Elastografi Kantitatif ölçüm - Point shear wave elastografi ARFI görüntüleme, gri skala görüntü haritası, tek küçük kutu içinde kantitatif veri - 2D shear wave elastografi ARFI görüntüleme, gri skala görüntü haritası, renkli kutu içinde çok noktadan kantitatif veri - 3D shear wave elastografi ARFI görüntüleme, gri skala görüntü haritası, gerçek zamanlı, her saniye yenilenen renkli kutu içinde çok noktadan kantitatif veri

Superb Microvascular Imaging (SMI)

Konvansiyonel Doppler tetkiklerinde, yakın doku hareketi kaynaklı artefaktif Doppler sinyalleri nedeniyle küçük kan damarlarının görüntülenmesi ile ilgili teknik sınırlılıklar mevcuttur (15). Oluşan artefaktları gidermek için konvansiyonel Doppler görüntülemeye duvar filtrelerinin uygulanması gerekir ancak bu durum, akışı zaten yavaş olan ve neredeyse doku hareket hızına eşit olan ince kan damarlarının görünürlüğü'nün kaybı anlamına gelir (29). Gelişmiş akım algılama görüntüleme teknikleri, bu tarz limitasyonların üstesinden gelmiş olup bunlar arasında yer alan “superb microvascular imaging” (SMI; Canon Medical Systems, Otawara, Japan), akım sinyalleriyle üst üste binen doku hareket artefaktlarını ayırabilen böylece küçük çaplı yavaş akımlı damarları yüksek detay ve çözünürlükte gösterebilen bir tekniktir (15).

SMI tekniği ile tek renk (monokrom) veya renkli (color) modda çalışılabilmektedir. Monokrom modda, küçük ve büyük çapta damarlardan akış sinyalleri alınır ve arka plan bilgileri substrakte edilerek gri skala akım haritası oluşturulur. Renkli modda ise aynı damarlara ait akım verileri renk kodlaması ve gri skala haritası ile birlikte verilmektedir (30). Daha iyi görüntü elde edebilmek için uygun imaj parametrelerinin seçilmesi, damar devamlılığının doğru bir şekilde değerlendirebilmek için operatörün “smoothing time” değerini artırması, böylelikle daha iyi temporal rezolüsyon ve akım sinyali alınabilmesi önemlidir (31). Mikrodamarların kollapsını önlemek için prob ile fazla basınç uygulanmasından kaçınılabilir. Renk kazancı artırılarak mikrodamarların görünürlüğü ve akım duyarlılığı artırılabilir (31).

Kas-iskelet sistemini USG’de incelerken özellikle anjiyogenez sonucunda oluşan vaskülarizasyon artışının ve bu sayede hastalık aktivitesinin değerlendirilmesi amaçlanmaktadır (31). Bu nedenle güncel çalışmalarda artritler, lateral epikondilit ve karpal tünel sendromu gibi çeşitli kas-iskelet sistemi patolojilerinde SMI yönteminin kullanıldığı ve yüksek rezolüsyon-hassasiyet sonucunda konvansiyonel tetkiklerde saptanması güç olan hafif derecedeki inflamasyon lehine vaskülarite değişimlerini tanımlayabildiği gösterilmiştir (31).

GEREÇ VE YÖNTEMLER

Prospektif dizayn edilen çalışmamız için Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu'ndan TÜTF-BAEK 2019/346 no'lu etik kurul onayı alındı (Ek 1). Ultrasonografi işlemi öncesinde örneği ekte belirtilen ayrıntılı bilgilendirilmiş gönüllü olur formuna göre hastalardan onam alındı (Ek 2).

Edirne Sultan 1. Murat Devlet Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon polikliniğinde 15.03.2020 - 15.06.2020 tarihleri arasında tek taraflı PS tanısı alan 39 hasta Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim dalına yönlendirildi.

Yönlendirmeye rağmen merkezimize başvurmayan, geldiklerinde çalışma ortamında işlemi yapan radyologların ikisinin birlikte bulunmaması, vücut kitle indeksi (VKİ) yüksek olması gibi çeşitli nedenlerden dolayı 7 hasta PS tanısı aldıkları halde çalışmaya dahil edilemedi. Böylece toplamda 32 hasta PK'ye yönelik USG ile tetkik edilerek istatistik aşamasına kabul edildi.

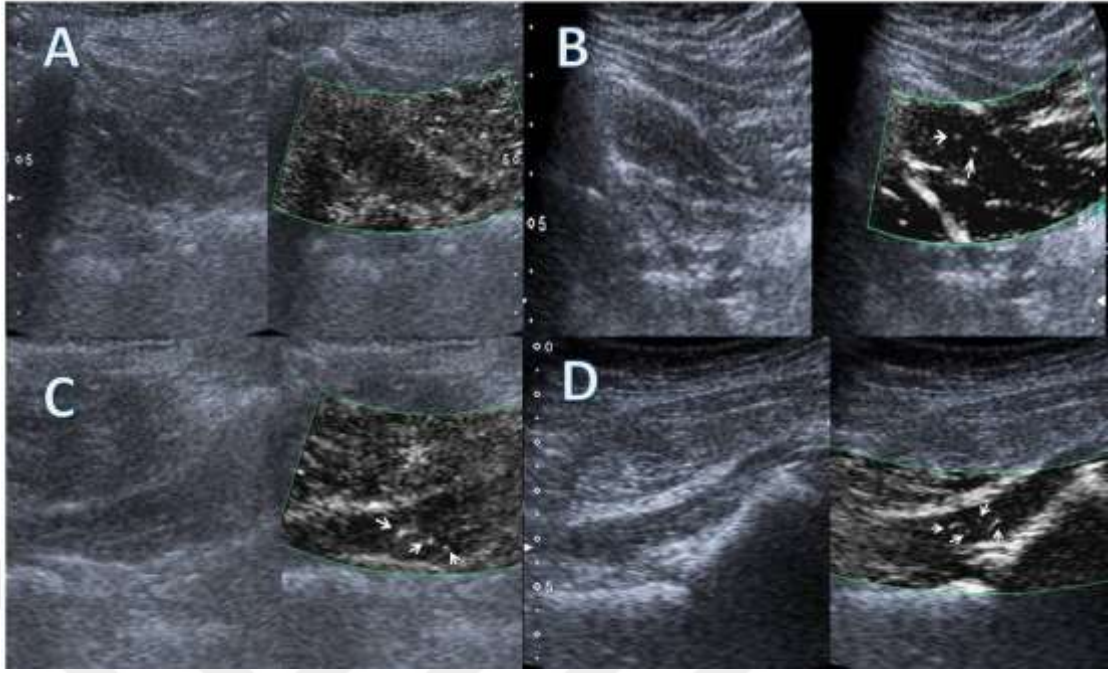
Edirne Sultan 1. Murat Devlet Hastanesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon polikliniğine siyatalji nedeniyle başvuran hastalar fizik muayene ile PS tanısı için önceki çalışmalarda kullanılan kriterler referans alınarak değerlendirildi (11, 12, 16). Yapılan ayrıntılı fizik muayenede sakroiliak eklem, büyük siyatik çentik, PK trasesi ve çevresinde hassasiyet; ipsilateral kalçada palpe edilebilen kitle benzeri lezyon; etkilenen kalçada asimetrik güçsüzlük; etkilenen kalçada traksiyon ile orta derecede rahatlama; etkilenen tarafta Laseque, Beatty, Freiberg ve Pace manevra-testlerinin pozitif saptanması; alt ekstremitede etkilenen tarafta internal rotasyon kısıtlılığı kriterlerini karşılayan hastalar klinik olarak PS tanısı pozitif kabul edildi.

Olgulara olası spinal patolojilerin ekartasyonu açısından lumbosakral MRG uygulandı. Lumbosakral, kalça ve alt ekstremitelerde operasyonu, gluteal enjeksiyon öyküsü bulunan olgular, malignite öyküsü bulunan olgular, aktif ya da pasif dönem santral ve periferik sinir sistemi hastalığı olanlar, diyabet tanılı olgular, psikiyatrik hastalığı bulunan olgular, VKİ 30 kg/m² üzerinde olan olgular çalışmaya dahil edilmedi.

Hastalar uygulanacak işlem ile ilgili ayrıntılı olarak bilgilendirildi ve hastalardan işlem boyunca rahat olmaları istendi. Sonrasında hastaların konvansiyonel USG, power Doppler (PD), SWE ve SMI ölçümleri; mesleğinde 4 yılı aşkın deneyimi bulunan bağımsız iki radyolog tarafından, semptom olan taraf işlem öncesinde operatörlere belirtilmeden, pron yatar pozisyonunda, olguların bilateral PK'lerinden ardışık olarak alındı.

Çalışmamıza katılan tüm olguların PK'leri bölümümüzde bulunan yüksek rezolüsyonlu ultrasonografi cihazı (Aplio 500, Canon Medical Systems, Otawara, Japan) ve konveks prob (PVT-375BT, Canon Medical Systems, Otawara, Japan) ile incelendi.

PK, büyük siyatik çentik seviyesinde vizüalize edildikten sonra prob laterale kaydırılarak longitudinal planda iskiuma yakın düzlemde benzer seviyelerden tarifiilen ölçümler gerçekleştirildi. PK kalınlığı ölçülürken bilateral PK'den beşer ölçüm yapılarak ortalama kas kalınlığı milimetre cinsinden kaydedildi. Elastisite ölçümünde ise PK'den benzer uygun düzlemde üç adet ROI kullanılarak ölçümler alındı ve ortalaması kilopaskal (kPa) cinsinden kaydedildi. Monokrom SMI ve PD için semikantifiye yöntemle aynı kriterler uygulanmak üzere; grade 0 (anlamli vaskülarite odağı saptanamaması), grade 1 (1-2 fokal vaskülarite odağı), grade 2 (1 lineer ya da 2'den fazla fokal vaskülarite odağı) ve grade 3 (1'den fazla lineer vaskülarite odağı) olmak üzere dört seviye belirlendi (Şekil 6) (32). Sonrasında hastaların tüm ölçümleri ile birlikte yaş, boy, kilo, VKİ ve semptom özellikleri istatistik programına kaydedildi.



A. Asemptomatik sağ taraf PK’de anlamlı vaskülarite odağı saptanamamış ve grade 0 olarak değerlendirilmiştir, **B.** Sağ taraf PK’de 2 adet focal vaskülarite odağı saptanmış ve semptomatik olan olgu grade 1 olarak değerlendirilmiştir, **C.** Semptomatik sol taraf PK’de 1 lineer ve 2 focal vaskülarite odağı saptanmış ve grade 2 olarak tanımlanmıştır, **D.** Sol tarafta şiddetli kalça ağrısı olan olguda 2 lineer ve 2 focal vaskülarite odağı saptanmış olup grade 3 olarak yorumlanmıştır.

Şekil 6. Yukarıdaki olgularda piriformis kasında (PK) superb microvascular imaging grade sistemine ait çeşitli örnekler gösterilmiştir.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Çalışmaya dahil edilen 32 hastanın cinsiyet, yaş, boy, ağırlık ve VKİ gibi demografik özelliklerinin yanında patolojik taraf ve patolojik olmayan tarafın PK kalınlığı, PD, SWE, SMI ölçüm değerleri için Statistical Package for the Social Sciences (SPSS, version 24, Chicago IL, USA) programı kullanılarak istatistiksel değerlendirme yapıldı.

Tüm hastalardan 2 bağımsız operatör tarafından alınan kantitatif ve semikantitatif veriler çalışma kapsamına alındı. Değişkenler ile PS arasındaki korelasyonları değerlendirmek için “Spearman” korelasyon analizi yapıldı. Patolojik ve normal taraf PK’ye ait ölçümler arasındaki farklılıklar “Mann Whitney U” testi kullanılarak çalışılmıştır. “p” değerinin 0,05’in altında olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

Her iki grup için operatörler arası uyumu değerlendirmek amacıyla sınıf içi korelasyon katsayısı (SKK) kullanıldı. Her SKK için % 95 güven aralığı (CI) oluşturulmuş olup SKK’nin 0.80’den büyük olması mükemmel uyum olarak gösterilmiştir (33).

PS için tanı doğruluğunu en üst düzeye çıkaran SWE “cut-off” değeri, receiver operating characteristic (ROC) eğrisi kullanılarak oluşturuldu. SWE ile PS tanısında duyarlılık ve özgüllük değerleri hesaplandı.

PD ve SMI yöntemlerinin PS tanısında etkinliğini değerlendirmek için; gerçek pozitiflik (GP), yanlış pozitiflik (YP), gerçek negatiflik (GN), yanlış negatiflik (YN), pozitif prediktif değer (PPD), negatif prediktif değer (NPD), duyarlılık, özgüllük, doğruluk değerleri hesaplandı.



BULGULAR

Çalışmamıza katılan olguların yaşları 19 ile 70 (ort:38.41 $\pm$ 10.217) aralığında değişmekteydi. Çalışma grubunda 11 (%34.4) erkek, 21 (%65.6) kadın olgu bulunmaktaydı. Olguların VKİ'leri 20 ile 28 (ort: 24.02 $\pm$ 2.460) aralığında hesaplandı.

Çalışmaya alınan tüm olguların demografik verileri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir (Tablo 10, 11).

Tablo 10. Hastaların cinsiyete göre dağılım özellikleri

Kadın	n=21 (%65.6)
Erkek	n=11 (%34.4)

Tablo 11. Hastaların demografik özellikleri

	n	Minimum	Maximum	Ortalama	Standart Sapma
Yaş	32	19	70	38.41	10.217
Boy (cm)	32	155	185	167.16	7.198
Kilo (kg)	32	54	88	67.44	9.785
VKİ (kg/m²)	32	20	28	24.02	2.480

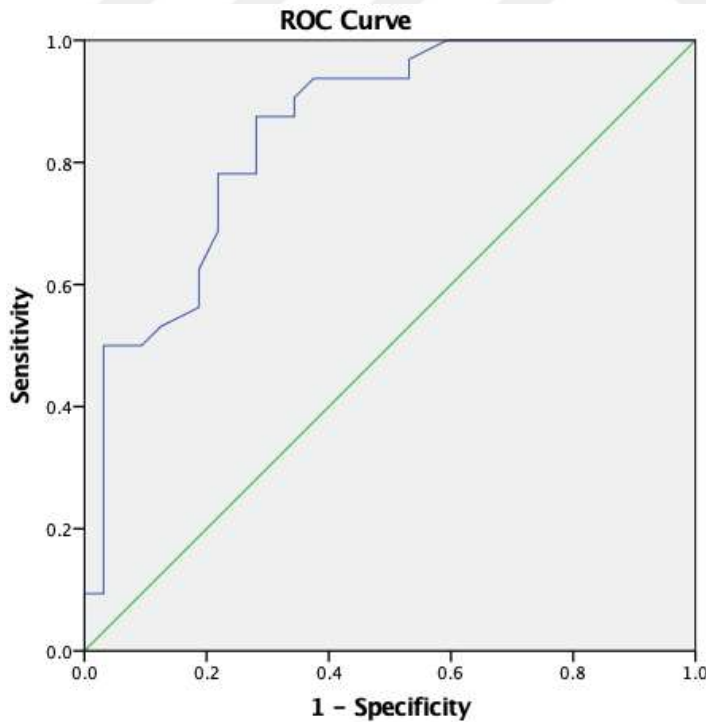
VKİ: Vücut kitle indeksi.

PS tanılı olguların 1. operatör tarafından yapılan ölçümlerde patolojik olmayan taraftaki PK kalınlıkları 8 ile 17 mm (ort:11.83 $\pm$ 1.995), patolojik taraftaki kas kalınlıkları ise 9 ile 21 mm (ort:14.56 $\pm$ 2.907) aralığında ölçülmüştür. 2. operatör tarafından yapılan ölçümlerde ise patolojik olmayan taraftaki PK kalınlıkları 9 ile 15 mm (ort:11.80 $\pm$ 1.703), patolojik taraftaki kas kalınlıkları ise 10 ile 19 mm (ort:14.02 $\pm$ 2.420) aralığında saptanmıştır.

PK kalınlığında kontrol grubu ile patolojik taraf arasında anlamlı farklılık saptanmadı ($p=0.062$).

SWE değerlerinde; 1. operatör tarafından yapılan ölçümlerde patolojik olmayan tarafta PK sertliği 7 ile 43 kPa (ort: 18.27 ± 7.301), patolojik tarafta ise 16 ile 53 kPa (ort: 29.70 ± 10.095) aralığında ölçülmüştür. 2. operatör tarafından yapılan ölçümlerde ise PK sertliği patolojik olmayan tarafta 11 ile 36 kPa (ort: 18.71 ± 5.911), patolojik tarafta ise 14 ile 47 kPa (ort: 27.93 ± 7.778) aralığında belirlenmiştir. Patolojik taraftaki PK elastografi değerleri normal taraf ile karşılaştırıldığında anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).

PK ortalama “shear modulus” değerlerine dayanarak PS tanısı için elde edilen Receiver Operating Characteristic (ROC) analizi Şekil 7’de gösterilmektedir. Çalışmamızda PS tanı doğruluğunu en üst düzeye çıkaran PK sertliği “cut-off” değeri 21.1 kpa (AUC: 0.852 , 95 % CI: 0.758-0.945), duyarlılık ve özgüllük değerleri sırasıyla % 78.1 ve % 71.9 olarak saptandı. Gözlemciler arası korelasyon sonucu Tablo 12’de gösterilmektedir. Gözlemciler arasında, hem hasta taraf hem de normal taraf PK için SWE ölçümlerinde “mükemmel uyum” olarak değerlendirilen SKK değerleri elde edilmiştir.



Şekil 7. Piriformis sendromu tanısı için shear wave elastografi yönteminin değerlendirmesine dayanarak çizilmiş Receiver Operating Characteristic (ROC) eğrisi yukarıda gösterilmektedir.

Tablo 12. Operatörlere göre hasta ve normal tarafın ortalama sertlik ve korelasyon değerlerini içeren tablo yukarıda gösterilmiştir.

		1.Operatör (ort ± SS)	2.Operatör (ort ± SS)	Sınıf içi korelasyon katsayısı
PK SWE (kPa)	Hasta taraf (n =32)	29.70 ± 10.095	27.93 ± 7.778	0.936 (0.896-960)
	Normal taraf (n =32)	18.27 ± 7.301	18.71 ± 5.911	

kPa: kilopaskal, **ort:** ortalama, **PK:** priformis kası, **SS:** standart sapma, **SWE:** shear wave elastografi.

PK'nin PD ile yapılan semikantitatif değerlendirmesinde; 1. operatör tarafından yapılan ölçümlerde hasta tarafta 4 (%12.5) olguda grade-0, 13 (%40.6) olguda grade-1, 7 (%21.9) olguda grade-2, 8 (%25.0) olguda grade-3 olarak ölçüm yapıldı. Normal tarafta ise; 8 (%25) olguda grade-0, 11 (%34.3) olguda grade-1, 3 (%9.5) olguda grade-2, 10 (%31.2) olguda grade-3 olarak ölçüm yapıldı. 2. operatör tarafından yapılan ölçümlerde hasta tarafta; 5 (%15.6) olguda grade-0, 12 (%37.5) olguda grade-1, 9 (%28.1) olguda grade-2, 6 (%18.8) olguda grade-3 olarak ölçüm yapıldı. Normal tarafta ise 7 (%21.9) olguda grade-0, 12 (%37.5) olguda grade-1, 4 (%12.5) olguda grade-2, 9 (%28.1) olguda grade-3 olarak ölçüm yapıldı (Tablo 13).

Tablo 13. Power Doppler yöntemi ile her iki operatör tarafından hasta ve normal tarafa yapılan ölçümlerin dağılımı yukarıda gösterilmiştir.

PD		Grade 0	Grade 1	Grade2	Grade3
Hasta	Op(1)	4 (%12.5)	13 (%40.6)	7 (%21.9)	8 (%25.0)
	Op(2)	5 (%15.6)	12 (%37.5)	9 (%28.1)	6 (%18.8)
Normal	Op(1)	8 (%25)	11 (%34.3)	3 (% 9.5)	10 (%31.2)
	Op(2)	7 (%21.9)	12 (%37.5)	4 (%12.5)	9 (%28.1)

Op: operatör, **PD:** power Doppler

PK'nin SMI ile yapılan semikantitatif değerlendirmesinde; 1. operatör tarafından yapılan ölçümlerde hasta tarafta; 4 (%12.5) olguda grade-1, 13 (%40.6) olguda grade-2, 15 (%46.9) olguda grade-3 olarak ölçüm yapıldı. Normal tarafta; 6 (%18.8) olguda grade-0, 5 (%15.6) olguda grade-1, 9 (%28.1) olguda grade-2, 12 (%37.5) olguda grade-3 olarak ölçüm

yapıldı. 2. operatör tarafından yapılan ölçümlerde ise hasta tarafta; 1 (%3.2) olguda grade-0, 5 (%15.6) olguda grade-1, 13 (%40.6) olguda grade-2, 13 (%40.6) olguda grade-3 olarak ölçüm yapıldı. Normal tarafta ise 6 (%18.8) olguda grade-0, 4 (%12.5) olguda grade-1, 10 (%31.2) olguda grade-2, 12 (%37.5) olguda grade-3 olarak ölçüm yapıldı (Tablo 14).

Tablo 14. Superb microvascular imaging yöntemi ile her iki operatör tarafından hasta ve normal tarafa yapılan ölçümlerin dağılımı yukarıda gösterilmiştir.

SMI		Grade 0	Grade 1	Grade2	Grade3
Hasta	Op(1)	0 (%0)	4 (%12.5)	13 (%40.6)	15 (%46.9)
	Op(2)	1 (%3.2)	5 (%15.6)	13 (%40.6)	13 (%40.6)
Normal	Op(1)	6 (%18.8)	5 (%15.6)	9 (%28.1)	12 (%37.5)
	Op(2)	6 (%18.8)	4 (%12.5)	10 (%31.2)	12 (%37.5)

Op: operatör, **SMI:** superb microvascular imaging.

PD ve SMI yöntemlerinde aynı şekilde uygulanmak üzere hasta ve normal PK'lerde grade 0-1-2 olgular vaskülarite artışını göstermede "vaskülarite yok, az ve orta vaskülarite", grade 3 olgular ise vaskülarite artışını gösterme "yüksek vaskülarite" kabul edildi ve buna binayen SMI ve PD için duyarlılık, özgüllük, doğruluk, pozitif prediktif değer (PPD) ve negatif prediktif değer (NPD) hesaplandı (Tablo 15-17)

Tablo 15. Power Doppler (PD) yönteminde vaskülariteyi gösterme etkinliğinin hasta ve normal tarafta dağılım özellikleri yukarıda gösterilmiştir.

PD	Hasta	Normal
grade 3 (yüksek vaskülarite)	n= 8	n= 10
grade 0-1-2 (vaskülarite yok, az ve orta vaskülarite)	n= 24	n= 22

PD: power Doppler

Tablo 16. Superb microvascular imaging (SMI) yönteminde vaskülariteyi gösterme etkinliğinin hasta ve normal tarafta dağılım özellikleri yukarıda gösterilmiştir

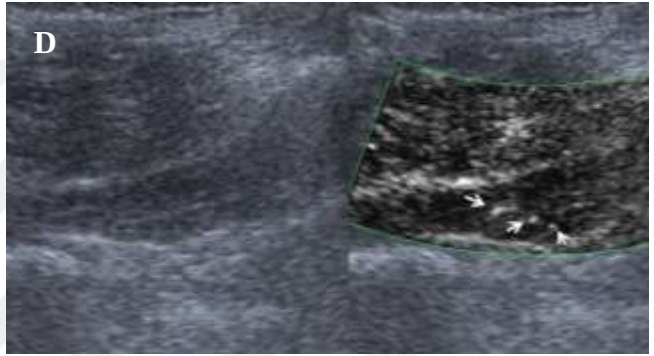
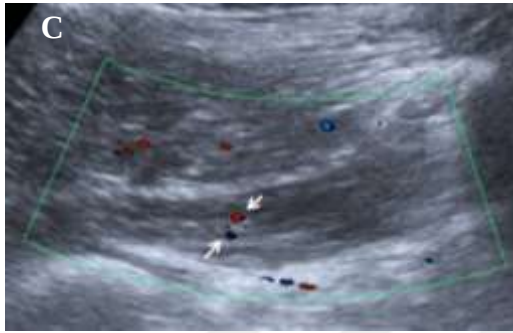
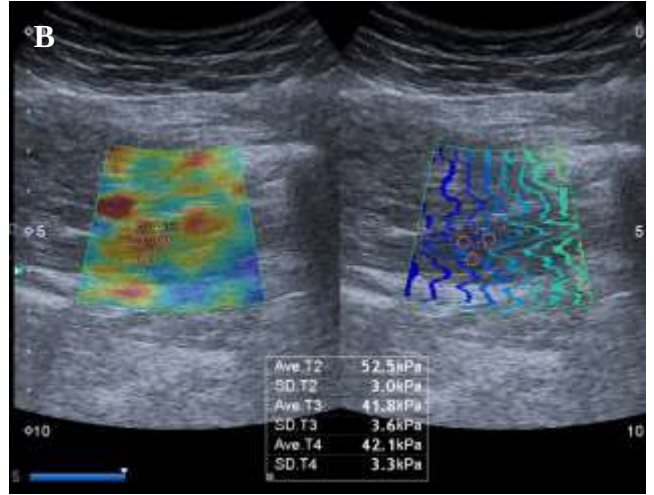
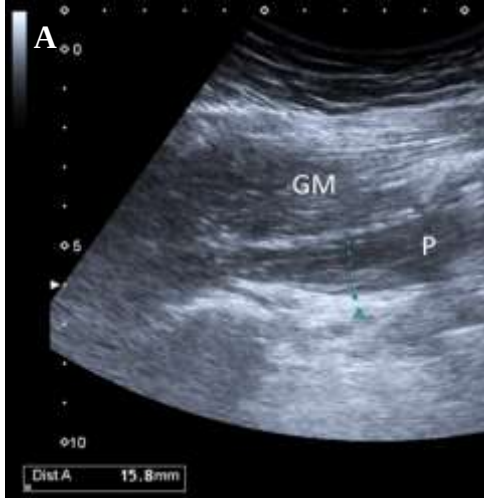
SMI	Hasta	Normal
grade 3 (yüksek vaskülarite)	n= 15	n= 12
grade 0-1-2 (vaskülarite yok, az ve orta vaskülarite)	n= 17	n= 20

Tablo 17. Power Doppler (PD) ve superb microvascular imaging (SMI) yöntemlerinin ikisi için hesaplanan gerçek pozitiflik (GP), yanlış pozitiflik (YP), gerçek negatiflik (GN), yanlış negatiflik (YN), pozitif prediktif değer (PPD), negatif prediktif değer (NPD), duyarlılık, özgüllük, doğruluk değerleri aşağıda gösterilmektedir.

	GP	YP	GN	YN	Duyarlılık	Özgüllük	PPD	NPD	Doğruluk
PD	8	10	22	24	%25	%69	%44	%48	%47
SMI	15	12	20	17	%47	%63	%56	%54	%55

PD yöntemi için duyarlılık, özgüllük, PPD, NPD ve doğruluk değerleri sırasıyla %25, %69, %44, %48, %47 olarak hesaplandı. SMI için ise duyarlılık, özgüllük, PPD, NPD ve doğruluk değerleri sırasıyla %47, %63, %56, %54, %55 olarak hesaplandı (Tablo 17).

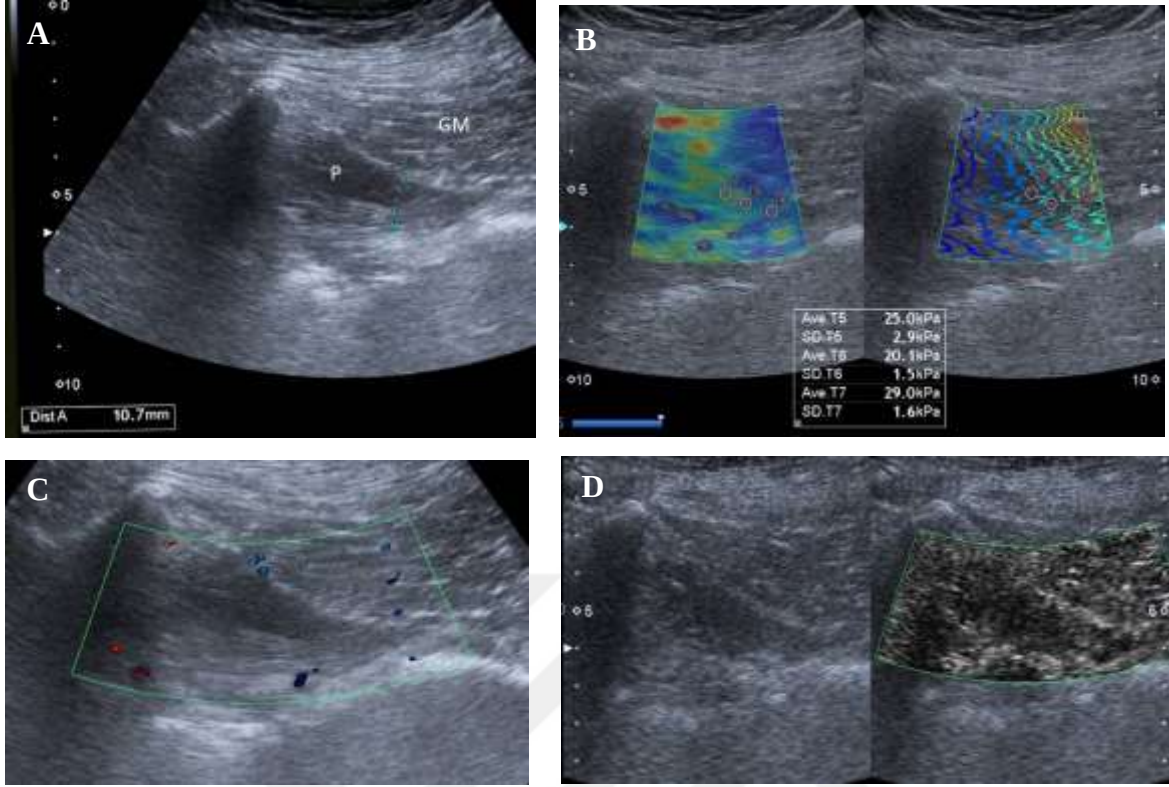
Aşağıda şekil 7-8’de gösterilen olgu örneğinde PK kalınlığı, SWE, PD, SMI ölçüm özellikleri gösterilmiştir.



- A) GM kası derininde yerleşim gösteren ve 15.8 mm kalınlığa ulaşan semptomatik sol taraf PK gösterilmektedir.
 B) SWE yöntemiyle elde edilen sertlik değeri ortalama: 45.5 kPa olarak ölçülmüştür.
 C) PD incelemede anlamlı kabul edilen 2 adet fokal vaskülarite odağı saptandı ve grade 1 olarak değerlendirildi.
 D) Benzer planda alınan görüntüde mSMI incelemede 1 adet lineer çizgisel şekilde ve 2 adet fokal anlamlı vaskülarite odağı saptandı ve grade 2 olarak değerlendirildi.

GM: Gluteus maksimus, **kPa:** Kilopaskal, **mSMI:** monokrom SMI, **PD:** power Doppler, **PK:** Piriformis kası, **SWE:** Shear wave elastografi

Şekil 7. 36 yaşındaki kadın hastada semptomatik sol taraf piriformis kasına ait ultrasonografide; gri skala (A), SWE (B), PD (C) ve mSMI (D) görüntülemesi



- A) Gluteus maksimus (GM) kası derininde yerleşim gösteren 10.7 mm kalınlığa ulaşan sol tarafa göre ince kalibrasyonlu asemptomatik sağ taraf PK gösterilmektedir.
- B) SWE yöntemiyle elde edilen elastisite değeri asemptomatik tarafta ortalama: 24.7 kPa olarak ölçülmüştür.
- C) PD incelemede PK'de anlamlı vaskülarite odağı izlenmedi.
- D) Benzer planda alınan görüntüde mSMI incelemede asemptomatik tarafta vaskülarite odağı tanımlanmadı.
- GM: Gluteus maksimus, kPa: Kilopaskal, mSMI: monokrom SMI, PD: power Doppler, PK: Piriformis kası, SWE: Shear wave elastografi

Şekil 8. Aynı hastanın asemptomatik sağ taraf piriformis kasına ait ultrasonografide; gri skala (A), SWE (B), PD (C) ve mSMI (D) görüntülemesi.

TARTIŞMA

PS, siyatik sinirin PK tarafından tuzaklanmasına bağılı oluřan klinik durumdur (21). Siyatalji nedeniyle kliniēe bařvuran olguların yaklařık %6-8'inde etiyolojiden sorumlu olduēu dūřūnūlen PS'de tanı ve tedavideki en önemli sorun spinal, kalça ve pelvik bölgeyle iliřkili patolojilerin benzer semptomlarla karakterize olabilmesidir (16). Yeterince dikkate alınmadıēında PS'nin gecikmiř tanısı sonucunda, siyatik sinir basısına ve buna bağılı kronik somatik disfonksiyon ve kompensatuar deēiřikliklerin sebep olduēu aērı, parestezi, hiperestezi ve kas gūçsūzlüklerine neden olabilmektedir (34).

Tanısı her zaman kolay olmayan PS'de MRG ve BT görüntülemeye PK'ye ait morfolojik özellikler saptanabilse de bu modaliteler özellikle spinal patolojilerin dışlanmasında kullanılmaktadır (11). Non-diskopatik siyatalji olgularında önemli yere sahip olan PS ayırıcı tanısında ayrıntılı anamnez, fizik muayene ve görüntüleme aşamasında özellikle USG gibi kolay ulaşılabilir tekniklerden mümkün olduēunca faydalanmak gerekmektedir.

Konvansiyonel USG ve MRG kasların makroskopik yapısını yani anatomik özelliklerini başarıyla ortaya koymaktadır (35). Makroskopik yapı iskelet kasları hakkında deēerli bilgiler saēlamasına raēmen kas gūcü, eklem hareket aēıklıēı veya fiziksel fonksiyonu etkileyen mekanik özellikleri karakterize edemezler (35). Makroskopik anatomi yanı sıra dokunun mikroskobik özellikleriyle kombine edilerek yapılan deēerlendirmede hem saēlıklı kasın hem de patolojik kasın mekanik özellikleri hakkında objektif bilgiler edinebiliriz (35). Bu sayede fonksiyonel bozukluēu olan hastalarda tedavilere verilen yanıtları izlemek için ve yeni rehabilitasyon seēeneklerinin deēerlendirilmesinde hastalara katkı saēlanabilir (35).

Manyetik rezonans elastografi (MRE) ve ultrason elastografi de dahil olmak üzere yenilikçi teknolojiler kasın mekanik özelliklerinin doğrudan ölçülmesi için umut vaat etmektedir. MRE, dokuya dışarıdan kuvvet uygulandığında dahi iskelet kasının sertliğini ölçmek ve haritalamak için kullanılabilmekte olup MRG ile benzer şekilde ulaşılabilirliği sınırlı olduğundan günlük pratiğimizde yaygın olarak kullanılamamaktadır (36-39).

Ultrason elastografi 1990’larda ortaya çıkan, son zamanlarda kas iskelet alanında gittikçe kullanımı artan, dokunun mekanik özelliklerini ölçebilen bir görüntüleme yöntemidir (40). Yıllar boyunca, kalitatif, kantitatif ya da ikisinin kombinasyonu tarzında verileri işleyen çok çeşitli ultrason elastografi teknikleri tanımlanmış olup bu ultrason tekniklerine aşina olmayan klinik pratiklerinde sık karşılarına çıkmayan klinisyenler elastografinin gerçek ölçüm yeteneklerinden habersiz olabilirler (35). Ultrason elastografi, normal ve anormal kas özellikleri arasında ayırım yapabilme özelliğiyle, tedavi sonrasında terapötik müdahalelere kas cevabını gösteren ve kas anormalliklerini teşhis etmeye yardımcı olmak için önemli klinik bir araç olarak öne çıkmaktadır (41-45). SWE, doku sertliğini kantitatif olarak ölçmek için prob tarafından oluşturulan yüksek itici akustik kuvvetlere bağlı horizontal olarak ortaya çıkan “shear wave” adı verilen hareketlerin yayılımının ölçümüne dayanan bir ultrason elastografi tekniğidir (35). SWE’nin tendon, kas, sinir ve ligamanlar olmak üzere çeşitli yumuşak dokularının değerlendirmesinde olumlu gelişmeler olduğu yönünde umut verici sonuçlar bulunmakta olup devam eden araştırmalar ilerleyen dönemde günlük klinik pratikte SWE’den daha fazla faydalanılacağını belirtmektedir (26, 46, 47). SWE’de, kasın pasif ve aktif kontraksiyonu sırasında görüntülemeye imkan verilmesi önemli bir avantajdır (48, 49). Klinik uygulamalarda, miyofasyal ağrı sendromlarında, inme ve spinal yaralanma sonrası spastisitede manuel palpasyonla ancak sadece kalitatif ve subjektif bir şekilde değerlendirilebilmekte olup SWE gibi dinamik metodlarla elastisite ölçümlerinin yapılması özellikle spastik serebral palsili çocuklarda hareket sınırlamasına ve sabit kontraktürlere bağlı değişimleri kantitatif etmede oldukça önemlidir (48, 50).

PS insidansı, dördüncü ve beşinci dekadlarda artış göstermekte olup kadınlarda altı kata yakın oranda daha fazla saptanmaktadır (51). Kadınlarda PS’nin erkeklere göre belirgin daha fazla görülmesinde kuadriseps femoris kasının biyomekanik olarak kadın pelvisinde erkek pelvisine göre daha geniş bir açıya sahip olmasının neden olabileceği belirtilmektedir (12). Bizim çalışmamızda da literatürü destekler nitelikte olarak kadın/erkek hasta oranı yaklaşık iki kat olarak saptanmıştır. Kadın erkek oranı ve yaş grubu ile ilgili dağılımsal farklılıkta, çalışmamızın insidans özelliklerini saptamak için yeterli vaka sayısı içermemesi

göz önünde bulundurulabilir.

USG ile PK kalınlığı gibi morfolojik özellikler normal olan taraf ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilebilmekte olup kas kalınlık ölçümünün PS tanısı koymaya katkısı tartışmalıdır (21). Zhang ve arkadaşlarının 2018 yılında 33 PS tanılı olguda yaptığı çalışmada, patolojik tarafta asemptomatik tarafa göre PK kalınlığı ve ekojenitesi anlamlı derecede yüksek olarak saptanmıştır (52). Bu çalışmada USG ile yapılan ölçümlerde hastaların asemptomatik taraftaki ortalama PK kalınlığı 12.0 ± 2.2 mm, patolojik taraftaki PK kalınlığı ise ortalama 14.1 ± 2.1 mm olarak hesaplanmıştır. Bizim çalışmamızda ise patolojik taraf PK kalınlığı ortalama 14.56 ± 2.907 mm, patolojik olmayan tarafta ise ortalama 11.83 ± 1.995 mm olarak belirlendi. Bizim çalışmamızda USG’de gri skala değerlendirmede her ne kadar patolojik tarafta PK kalınlığı normal taraftaki kas kalınlığından yüksek olsa da istatistiksel ölçümlerde anlamlı farklılık saptanmadı ($p=0.062$). Siddiq ve arkadaşlarının yapmış olduğu 31 PS tanılı olguyu içeren çalışmada da bizim çalışmamızla benzer şekilde USG’de gri skalada kas kalınlıklarında patolojik taraf (ort: 13.55 mm $\pm$ 3.66) ve normal taraf (10.9 ± 1.9) karşılaştırıldığında patolojik tarafta görece yüksek değerler elde edilmesine rağmen istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamıştır (53). Literatürdeki çalışmalarda genel olarak USG’de patolojik tarafta yüksek PK kalınlığı değerleri elde edilmekle birlikte, daha geniş vaka serileriyle birlikte yapılacak çalışmalarda daha net istatistiksel veriler sunacaktır.

PK sertliğinin literatürde MRE ve strain elastografi gibi yöntemlerle değerlendirildiği çalışmalar yer almaktadır (12, 54). Ueki ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir çalışmada PK sertliğinin kalça eklemi hareketiyle değişimini sağlıklı bireylerde MRE ile kantitatif olarak değerlendirilmiştir (54). Ancak PS tanılı olgularda MRE ile kas sertliğinin incelendiği bir çalışma saptanmamıştır. Öte yandan Demirel ve arkadaşları tarafından 2018 yılında yapılan güncel bir çalışmada ise strain elastografi tekniğinin 21 PS tanılı olguda etkinliği değerlendirilmiş ve semptomatik taraftaki PK sertlik değerleri ile normal taraftaki PK sertliğini karşılaştırmışlardır (12). Güncel literatüre bakıldığında PS olgularında PK’nin sertliğinin SWE ile değerlendirildiği bir çalışma bulunmamakta olup SWE yöntemi; ligaman, tendon ve özellikle aktif veya pasif kas hareketi sırasında kas sertliğinin gerçek zamanlı olarak görüntülenmesine izin verdiği için kas-iskelet sisteminin değerlendirmesinde kullanımı son birkaç yılda artarak bu alanda en umut verici yöntemlerden biri haline gelmiştir (50). Bizim çalışmamız da literatürde bu konuda yapılan ilk çalışma olarak öne çıkmaktadır. Çalışmamızda PK’ye yönelik SWE incelemesinde kasın sertliği patolojik tarafta ortalama 29.70 ± 10.095 kPa, normal tarafta ise ortalama 18.27 ± 7.301 kPa değerleri elde edilmiş olup kontrol grubu olan normal taraf ile karşılaştırıldığında patolojik taraftaki PK elastografi

değerleri istatistiksel hesaplamada anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Demirel ve arkadaşlarının PS tanılı olgularda strain elastografinin etkinliğinin değerlendirildiği çalışmada da bizim çalışmamızla benzer şekilde patolojik tarafta normal tarafa göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde yüksek PK sertlik değerleri saptanmıştır (12). Demirel ve arkadaşlarının yaptığı çalışmayla benzer şekilde bizim çalışmamızda da kontrol grubu, hastaların semptom olmayan tarafı normal kabul edilerek oluşturulmuştur (12). Demirel ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre; hasta sayısının çalışmamızda göreceli olarak daha yüksek olması, bağımsız iki radyolog tarafından ölçümlerin gerçekleştirilmesi, strain elastografi tekniği yerine daha yeni bir teknik olan SWE kullanımıyla manuel kompresyon gibi strain elastografinin dezavantajları ve operatör bağımlılığı azaltılarak daha kantitatif verilerin elde edilebilmesine olanak sağlanması, genel olarak çalışmamızın üstünlüklerini oluşturmaktadır. Çalışmamızla birlikte PS tanısında SWE yöntemiyle, normal tarafa göre patolojik taraf PK’de anlamlı düzeyde yüksek sertlik değerleri elde edilmiş olup bu sayede kantitatif olarak PS teşhisi desteklenebilmektedir.

Literatürde kronik kas ağrısı olan hastalarda çeşitli patolojik durumlarda kas sertliğindeki değişikliklerin elastografi yöntemleri aracılığı ile tespit edilebildiği bilinmektedir (35, 55, 56). Akut veya kronik ağrıya yanıt olarak kasta meydana gelen histolojik değişiklikler, mekanik olarak ortaya çıkan bulgulara karşılık gelebilir ve bunlar ultrason elastografi yöntemleri ile saptanabilir (35). Kasların sertliği, patolojik durumlarında diğer dokulara kıyasla doku kompozisyonlarında belirgin bir değişiklik olmadan kendi kontraksiyonlarının derecesine göre değişebilmektedir (12). PS etyolojisinde de yer alan miyofasiyal tetik nokta gibi patolojilerde lokal kas kontraksiyonları, bölgesel iskemik değişiklikler ve inflamasyona bağlı olarak kas fibrillerindeki doku karakteristiği değişir ve bunun sonucunda kas sertliğinde artış meydana gelir (35, 56). Ayrıca nörolojik patolojilere sekonder kas spastisitesi gelişen olgularda SWE ile yapılan çalışmalarda çeşitli patolojik kas gruplarında anlamlı derecede yüksek sertlik değerleri saptanmıştır (46, 57). Çalışmamızda PS olgularında SWE’de saptanan yüksek sertlik değerlerinin, çeşitli nedenlerle patolojik taraf PK’de oluşan spazma sekonder gelişebileceğini düşünmekteyiz. Bu düşüncenin desteklenebilmesi için kas-iskelet sistemi patolojilerinde güncel ve görece yeni bir tanı aracı olan SWE ile PS’de yapılacak daha geniş ve kapsamlı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Yumuşak dokulardaki vaskülarite artışı; genellikle inflamatuvar karakterdeki dokunun özelliği olup herhangi bir nedene bağlı doku hasarı ve otoimmün biyolojik süreçler buna neden olabilmektedir (58). PD, etiyolojiden bağımsız olarak altta yatan doku vaskülaritesini yansıtmaktadır (58). SMI yöntemi, PD gibi vaskülarite özelliklerini değerlendirmede

kullanılan ve son zamanlarda kas iskelet sisteminde ortaya çıkan farklı patolojik durumların değerlendirmesinde başarılı olan yenilikçi bir USG tekniği olarak önerilmektedir (15). Güncel literatüre bakıldığında SMI'nın kas iskelet sisteminde ağırlıklı olarak romatoid artrit gibi inflamatuvar artritlerde, lateral epikondilit ve karpal tünel sendromu dahil olmak üzere birçok patolojinin tanısında kullanımı ile ilgili çalışmalar bulunmakta olup bu çalışmalarda SMI tekniğinin konvansiyonel Doppler yöntemleri ile karşılaştırıldığında genel olarak vaskülaritenin tespitinde daha başarılı olduğu görülmektedir (15). Kas-iskelet sistemi dışında da çalışmalar mevcut olup Lu ve arkadaşlarının 2017 yılında tiroid nodüllerinde benign malign ayırımına yönelik yayınladığı çalışmada konvansiyonel Doppler yöntemleri, kontrastlı USG ve SMI yöntemleri karşılaştırılmıştır (59). Lu ve arkadaşlarının yaptığı bu çalışmada konvansiyonel Doppler yöntemleriyle karşılaştırıldığında SMI, tiroid nodüllerindeki periferik vaskülarite ve ek olarak malign süreç lehine olan santral vaskülariteyi göstermede anlamlı derecede başarılı bulunmuştur (59). Kontrastlı USG ile karşılaştırıldığında, Lu ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada benign-malign ayırımında SMI benzer differansiasyon kabiliyeti göstermiştir (59). Chen ve arkadaşlarının 2016 yılında yayınladığı yazıda 195 tiroid nodülü benign-malign ayırımı açısından incelenmiştir (60). SMI yöntemi vaskülariteyi göstermede oldukça başarılı olarak değerlendirilmiş, kontrastlı USG ile benzer özgüllük ve duyarlılık değerleri saptanmıştır (60). Oura ve arkadaşlarının yaptığı 2018 yılındaki çalışmada ise plak içi neovaskülarizasyonu saptamada kontrastlı USG ve SMI yöntemleri karşılaştırılmış olup SMI yöntemiyle yüksek özgüllük değerleri saptanmıştır (61). Oura ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada kontrastlı USG yöntemi SMI'ye göre daha sensitif olarak değerlendirilmekle birlikte kullanım kolaylığı nedeniyle kontrastlı USG'ye önemli bir alternatif yöntem olarak vurgulanmıştır (61). USG'de kullanılan kontrast maddelerin birçok ülkede sigorta sistemleri tarafından geri ödemesinin olmaması, kontrastlı USG tetkikini rutin sağlık sistemi içerisinde genel hizmet veren hastanelerde kullanılmasını mümkün kılmamaktadır. Şu anda kontrastlı USG tetkikinin kullanım alanının büyük bir kısmı günlük rutin tetkik kapsamı dışında ve ancak seçilmiş hastanelerin araştırma programları tarafından oluşturulmaktadır. Ayrıca başka bir sorun da konvansiyonel USG'nin büyük bir avantajı olan non-invaziv tanı özelliğinin intravenöz kontrast kullanımı ile kaybedilmesidir. Bununla birlikte tek tuş aracılığı ile rutin USG incelemesi sırasında çalışma modu değiştirilerek SMI yöntemi aktive edilebilmekte ve daha hızlı işlem yapılmasına olanak sağlamaktadır. SMI yönteminin kontrastlı USG'ye göre daha ucuz olması, invaziv girişime ihtiyaç olmaması, kontrast madde kullanımı olmadığı için alerjik reaksiyon riskini ortadan kaldırması diğer avantajları olarak sayılabilir.

Hareket artefaktları konvansiyonel Doppler yöntemlerinde önemli bir problem olup artefaktları kaldırmak için filtreler uygulandığında düşük kan akışı özelliği gösteren dokulardan vaskülerite alınamamaktadır (62, 63). SMI tekniğinde, yalnızca hareket artefaktını ortadan kaldıran ve düşük hızlı kan akışının görüntülenmesine izin veren filtreleme sağlanmaktadır (61). İki tip SMI değerlendirme yöntemi olup renkli SMI (cSMI) moduyla, kan akışı sinyali B modu görüntüsüne renkli bir ekran olarak eklenmektedir. Diğer mod olan mSMI’de arka plan B modu görüntüsü bastırılmaktadır ve kan akış sinyali tek renkli ekran şeklinde gözükebilmektedir. Arka plan bastırıldığında mSMI modunda yalnızca kan akışı sinyali tek renkli bir ekran olarak görülebilmektedir (61). mSMI modu, cSMI modundan daha fazla hassasiyete sahip olan yöntem olarak değerlendirilmekte olup bizim çalışmamızda da bu doğrultuda mSMI moduyla olguların PK değerlendirmeleri yapılmıştır (64, 65). PS tanısında SMI tekniğinin etkinliğini değerlendiren çalışma güncel İngilizce literatürde bulunmamaktadır. Yapmış olduğumuz çalışmada PS tanısında mSMI ile PD’nin etkinlikleri karşılaştırıldığında SMI’nın duyarlılığı (%47) PD’ye göre yüksek (%25) olarak saptanmıştır.

Çalışmamızda hastada PS tanısı olmasıyla SWE değerleri arasında pozitif bir korelasyon izlenmiştir. Aynı şekilde elastografi değerlerinin yüksek olması ile SMI ve PD yüksekliği arasında da Spearman testi ile istatistiksel olarak anlamlı bir korelasyon izlendi ($p<0.05$).

SWE ve SMI son derece yenilikçi ve ümit vadeden yöntemler olup kas-iskelet sistemi patolojilerinde kullanımları gittikçe artmaktadır. Çalışmamız, SWE ve SMI yöntemlerinin PS tanısında etkinliğini değerlendiren ilk çalışmadır. İnceleme öncesi hastaların patolojik taraf bilgilerinin operatörlere belirtilmemesi ve iki bağımsız radyolog tarafından pron yatış pozisyonları değiştirilmeden incelenmelerin gerçekleştirilmesi operatörler arasında yüksek derecede uyuma ve çalışmanın başarısına katkıda bulunmuştur.

Çalışmamızın bir takım kısıtlama faktörleri bulunmaktadır. Kısıtlama faktörlerinden biri, hasta sayımızın az olmasıdır. İkinci kısıtlama faktörü ise hastaların PS tanısının klinik olarak konulmuş olması ve pelvik MRG gibi PK’yi değerlendirebilecek, tanıyı destekler nitelikte bulgular sunabilecek ek bir radyolojik modalitenin olmamasıdır. İlerleyen dönemlerde, daha geniş hasta gruplarının sonoelastografik ve SMI sonuçlarının pelvik MRG sonuçları ile kombine değerlendirilmesi neticesinde PS tanısında yol gösterici olacağını ve bu fikrin yapılabilecek yeni çalışmalar için bir ilham kaynağı olacağı düşüncesindeyiz.

Sonuç olarak; siyatalji olgularında PS akla gelmesi gereken önemli bir patolojik durum olup gerçek zamanlı görüntülemeye imkan vermesi ve ulaşılabilirliği yüksek olması nedeniyle USG’den PK ve diğer kas-iskelet sistemi yapılarının değerlendirilmesinde mümkün

olduğunca faydalanmak gerekmektedir. Konvansiyonel USG incelemelerinin yanı sıra SWE ve SMI gibi yenilikçi yöntemleri günlük pratiğimiz ve araştırmalar içerisinde olabildiğince kullanarak USG'nin tanı aşamasındaki etkinliğini arrtırabilir ve hastaların daha erken uygun klinik yaklaşımla yönetilmelerine imkan sağlanabilir.



SONUÇLAR

Mart 2020 ve Haziran 2020 tarihleri arasında tek taraflı PS tanısı alan 32 hasta PK'ye yönelik USG ile tetkik edilerek istatistik aşamasına kabul edildi ve sonucunda ;

- 1- Hastaların patolojik taraf PK kalınlıkları 9 ile 21 mm (ort:14.56±2.907) aralığında, kontrol grubu olan normal taraf PK kalınlığı ise 8 ile 17 mm (ort:11.83 ±1.995) arasında gözlenmiş olup anlamlı istatistiksel farklılık saptanmadı ($p>0.05$).
- 2- Olguların SWE'de patolojik olmayan tarafta PK sertliği 7 ile 43 kPa (ort:18.27±7.301), patolojik tarafta ise 16 ile 53 kPa (ort: 29.70 ±10.095) aralığında ölçülmüştür. Patolojik taraftaki PK elastografi değerleri normal taraf ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$).
- 3- Hastada PS tanısı olmasıyla SWE'de ölçülen sertlik değerleri arasında pozitif korelasyon izlenmiştir.
- 4- SWE'de sertlik değerlerinin yüksek olması ile SMI ve PD yüksekliği arasında da Spearman testi ile istatistiksel olarak anlamlı korelasyon izlendi ($p<0.05$).
- 5- PD yöntemi için duyarlılık %25, SMI için ise duyarlılık %47 olarak hesaplandı. Çalışmamızda PS tanısında SMI ile PD'nin etkinlikleri karşılaştırıldığında SMI'nın duyarlılığı PD'ye göre yüksek olarak saptandı.

ÖZET

Piriformis sendromu, piriformis kasındaki hipertrofi, inflamasyon ya da anatomik varyasyonlara bağılı olarak siyatik sinirin kompresyonu sonucunda görülen nöromusküler bir hastalıktır. Siyatalji ile prezente olan piriformis sendromu tanısında altın standart görüntüleme yöntemi bulunmamakta olup çalışmamızda shear wave elastografi ve superb microvascular imaging gibi yenilikçi yöntemlerin piriformis sendromunda tanısal etkinliğinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Prospektif dizayn edilen çalışmamızda tek taraflı piriformis sendromu tanısı alan 32 hasta istatistik aşamasına kabul edilmiştir. Hastaların semptom olmayan tarafı normal kabul edilerek bilateral piriformis kaslarından ultrasonografi aracılığı ile gri skalada kas kalınlığı, shear wave elastografi ile sertlik, power Doppler ve superb microvascular imaging incelemeleri ile vaskülarite özellikleri bağımsız 2 radyolog tarafından incelendi.

İstatistiksel değerlendirme sonucunda patolojik taraftaki piriformis kas sertliği normal taraf ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.05$). Hastada piriformis sendromu tanısı olmasıyla shear wave elastografide ölçülen sertlik değerleri arasında pozitif korelasyon izlenmiştir. Shear wave elastografide sertlik değerlerinin yüksek olması ile superb microvascular imaging ve power Doppler’de vaskülarite artışı arasında da istatistiksel olarak anlamlı korelasyon izlendi ($p<0.01$). Superb microvascular imaging ve power Doppler etkinlikleri karşılaştırıldığında superb microvascular imaging yönteminin duyarlılığı (%47) power Doppler’e göre yüksek (%25) saptanmıştır. Bunlar dışında patolojik tarafta piriformis kas kalınlığı normal taraftaki kas kalınlığından genel olarak yüksek olsa da istatistiksel ölçümlerde anlamlı farklılık saptanmadı.

Piriformis kasında shear wave elastografi ile değerlendirmede anlamlı düzeyde yüksek

sertlik değerleri elde edilmiş olup elastografi ile superb microvascular imaging yöntemi kombine edildiğinde kantitatif olarak piriformis sendromu tanısı desteklenebilir. Genel olarak ultrasonografide patolojik tarafta yüksek piriformis kas kalınlığı değerleri elde edilmekle birlikte, istatistiksel anlamda desteklemek için daha geniş vaka serileriyle gerçekleştirilecek çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Konvansiyonel ultrasonografi yöntemlerinin yanı sıra shear wave elastografi ve superb microvascular imaging gibi yenilikçi yöntemleri günlük pratiğimiz ve araştırmalar içerisinde olabildiğince kullanarak ultrasonografinin piriformis sendromu tanı aşamasındaki etkinliğini arttırabilir ve hastaların daha erken uygun klinik yaklaşımla ynetilmelerine imkan sağlanabilir.

Anahtar kelimeler: Piriformis sendromu, tanı, ultrasonografi, shear wave elastografi, superb microvascular imaging, power Doppler

EVALUATION OF EFFECTIVENESS OF SHEAR WAVE ELASTOGRAPHY AND SUPERB MICROVASCULAR IMAGING METHODS IN THE DIAGNOSIS OF PIRIFORMIS SYNDROME

SUMMARY

Piriformis syndrome is a neuromuscular disease seen as a result of compression of the sciatic nerve due to hypertrophy, inflammation or anatomical variations in the piriformis muscle. There is no gold standard imaging method in the diagnosis of piriformis syndrome, which is generally presented with sciatica. In our study, we aimed to evaluate the diagnostic effectiveness of innovative methods such as shear wave elastography and superb microvascular imaging in piriformis syndrome.

In our prospectively designed study, 32 patients diagnosed with unilateral piriformis syndrome were accepted to the statistical stage. The non-symptom side of the patients was considered normal, and bilateral piriformis muscles were examined by ultrasonography; muscle thickness on gray scale, stiffness on shear wave elastography, , for vascularity characteristics power Doppler and superb microvascular imaging were examined by two independent radiologists.

As a result of statistical evaluation, piriformis muscle stiffness in the pathological side was found to be statistically significantly higher compared to the normal side ($p < 0.05$). There was a positive correlation between the patient with diagnosis of PS and the stiffness values measured in SWE. In shear wave elastography, statistically significant correlation was observed between high stiffness values and increased vascularity in superb microvascular

imaging and power Doppler ($p < 0.01$). When the superb microvascular imaging and power Doppler efficiency were compared, the sensitivity of the superb microvascular imaging method (47%) was higher (25%) than the power Doppler. Apart from these, although the piriformis muscle thickness on the pathological side was generally higher than the muscle thickness on the normal side, there was no significant difference in statistical measurements.

In the evaluation of piriformis muscle by shear wave elastography, significantly higher stiffness values were obtained and when the elastography with superb microvascular imaging methods are combined, to the diagnosis of piriformis syndrome can be supported quantitatively. In general, high piriformis muscle thickness values are obtained on the pathological side in ultrasonography, but studies with larger case series are needed to support statistically.

By using innovative methods such as shear wave elastography and superb microvascular imaging in addition to conventional ultrasonography as much as possible in our daily practice and research, we can increase the effectiveness of ultrasonography in the diagnosis of piriformis syndrome and enable patients to be managed earlier with appropriate clinical approach.

Key words: Piriformis syndrome, diagnosis, ultrasonography, shear wave elastography, superb microvascular imaging, power Doppler

KAYNAKLAR

1. Hopayian K, Song F, Riera R, Sambandan S. The clinical features of the piriformis syndrome: a systematic review. *Europe Spine J* 2010;19(12):2095-109.
2. Lee EY, Margherita AJ, Gierada DS, Narra VR. MRI of piriformis syndrome. *Am J Roentgenol*. 2004;183(1):63-4.
3. Swami A. A review of etiology pathogenesis, treatment of sciatica. *Int J Sci Res* 2018;7(1):1477-9.
4. Yeoman W. The relation of arthritis of the sacro-iliac joint to sciatica, with an analysis of 100 cases. *The Lancet* 1928;212(5492):1119-23.
5. Freiberg AH. Sciatic pain and its relief by operations on muscle and fascia. *Arch Surg* 1937;34(2):337-50.
6. Robinson DR. Piriformis syndrome in relation to sciatic pain. *Am J Surg* 1947;73(3):355-8.
7. Hulbert A, Deyle GD. Differential diagnosis and conservative treatment for piriformis syndrome: a review of the literature. *Curr Orthopaedic Pract* 2009;20(3):313-9.
8. Stewart JD. The piriformis syndrome is overdiagnosed. *Muscle Nerve* 2003;28(5):644-6.
9. Lewis AM, Layzer R, Engstrom J, Barbaro NM, Chin CT. Magnetic resonance neurography in extraspinal sciatica. *Arch Neurol* 2006;63(10):1469-72.
10. Cansever T, Kabatafi S, Ilgaz Ö, Yılmaz C, Caner H. Piriformis sendromuna genel bakış. *Türk Nöroşirürji Derg* 2010;(20)3:146.
11. Boyajian-O'Neill LA, McClain RL, Coleman MK, Thomas PP. Diagnosis and management of piriformis syndrome: an osteopathic approach. *J Am Osteopathic Assoc* 2008;108(11):657-64.
12. Demirel A, Baykara M, Koca TT, Berk E. Ultrasound elastography findings in piriformis muscle syndrome. *Indian J Radiol Imaging* 2018;28(4):412.

13. Davis LC, Baumer TG, Bey MJ, Van Holsbeeck M. Clinical utilization of shear wave elastography in the musculoskeletal system. *Ultrasonography* 2019;38(1):2.
14. Kyriakidou G, Friedrich-Rust M, Bon D, Sircar I, Schrecker C, Bogdanou D, Herrmann E, Bojunga J. Comparison of strain elastography, point shear wave elastography using acoustic radiation force impulse imaging and 2D-shear wave elastography for the differentiation of thyroid nodules. *PLoS One* 2018;13(9):e0204095.
15. Gitto S, Messina C, Chianca V, Tuscano B, Lazzara A, Corazza A, Pedone L, Albano D, Sconfienza LM. Superb microvascular imaging (SMI) in the evaluation of musculoskeletal disorders: a systematic review. *Radiol Med* 2020;125(5):481-90.
16. Pan J, Vasudevan J. Chapter 24 - Piriformis Syndrome: A Review of the Evidence and Proposed New Criteria for Diagnosis. In: Freedman MK, Gehret JA, Young GW, Kamen LB, editors. *Challenging Neuropathic Pain Syndromes*: Elsevier; 2018. s. 205-15.
17. Chang C, Jen SH, Varacallo M. *Anatomy, Bony Pelvis and Lower Limb, Piriformis Muscle*. StatPearls Publishing, Treasure Island (FL); 2019.
18. Fahrioğlu SL, Koç T, Kurtoğlu Z, İlgi NS. Unusual accessory piriformis muscle: A case report. *J Anatomical Soc India* 2017;66:19-21.
19. Jankovic D, Peng P, van Zundert A. Brief review: piriformis syndrome: etiology, diagnosis, and management. *Can J Anaesth* 2013;60(10):1003-12.
20. Muratlı K, Araç Ş. Kalça bölgesi tuzak nöropatileri. *TOTBİD Dergisi* 2015;14:572-9.
21. Mesci N, Geler Külcü D. Piriformis syndrome. *Med J Haydarpaşa Numune Training Res Hospital* 2017;57(3):172-5.
22. Najdi H, Mouarbes D, Abi-akl J, Karnib S, Chamsedine AH, Jawish R. EMG in piriformis syndrome diagnosis: Reliability of peroneal H-reflex according to results obtained after surgery, Botox injection and medical treatment. *Journal of Clinical Neuroscience*. 2019;59:55-61.
23. Halpin RJ, Ganju A. Piriformis syndrome: a real pain in the buttock? *Neurosurgery*. 2009;65(4):197-202.
24. Byrd JWT. Disorders of the peritrochanteric and deep gluteal space: new frontiers for arthroscopy. *Sports Med Arthroscopy Rev* 2015;23(4):221-31.
25. Jacobson JA. Musculoskeletal ultrasound: focused impact on MRI. *Am J Roentgenol* 2009;193(3):619-27.
26. 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.
27. Gültekin S. Ultrasonografide yeni uygulamalar. *Türk Radyoloji Seminerleri* 2014;2:158-70.
28. Altay C, Seçil M. *Sonoelastografinin Temel İlkeleri*. 2019.

29. Boote EJ. AAPM/RSNA physics tutorial for residents: topics in US: Doppler US techniques: concepts of blood flow detection and flow dynamics. *Radiographics* 2003;23(5):1315-27.
30. Hata J. Medical review: Seeing the unseen: new techniques in vascular imaging. Toshiba Medical Systems. 2014.
31. Jiang Zz, Huang Yh, Shen Hl, Liu Xt. Clinical applications of superb microvascular imaging in the liver, breast, thyroid, skeletal muscle, and carotid plaques. *J Ultrasound Med* 2019;38(11):2811-20.
32. Karahan AY, Arslan S, Ordahan B, Bakdik S, Ekiz T. Superb microvascular imaging of the median nerve in carpal tunnel syndrome: An electrodiagnostic and ultrasonographic study. *J Ultrasound Med* 2018;37(12):2855-61.
33. Koo TK, Li MY. A guideline of selecting and reporting intraclass correlation coefficients for reliability research. *J Chiropractic Med* 2016;15(2):155-63.
34. Chaitow L. *Soft-tissue Manipulation: A Practitioner's Guide to the Diagnosis and Treatment of Soft-tissue Dysfunction and Reflex Activity*: Inner Traditions/Bear & Co; 1988.
35. Brandenburg JE, Eby SF, Song P, Zhao H, Brault JS, Chen S, et al. Ultrasound elastography: the new frontier in direct measurement of muscle stiffness. *Arch Physical Med Rehabil* 2014;95(11):2207-19.
36. Basford JR, Jenkyn TR, An K-N, Ehman RL, Heers G, Kaufman KR. Evaluation of healthy and diseased muscle with magnetic resonance elastography. *Arch Physical Med Rehabil* 2002;83(11):1530-6.
37. Chen Q, Bensamoun S, Basford JR, Thompson JM, An K-N. Identification and quantification of myofascial taut bands with magnetic resonance elastography. *Arch Physical Med Rehabil* 2007;88(12):1658-61.
38. Debernard L, Robert L, Charleux F, Bensamoun SF. Analysis of thigh muscle stiffness from childhood to adulthood using magnetic resonance elastography (MRE) technique. *Clin Biomechanics* 2011;26(8):836-40.
39. Mariappan YK, Glaser KJ, Ehman RL. Magnetic resonance elastography: a review. *Clin Anatomy* 2010;23(5):497-511.
40. Ophir J, Cespedes I, Ponnekanti H, Yazdi Y, Li X. Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues. *Ultrasonic Imaging* 1991;13(2):111-34.
41. Niitsu M, Michizaki A, Endo A, Takei H, Yanagisawa O. Muscle hardness measurement by using ultrasound elastography: a feasibility study. *Acta Radiologica* 2011;52(1):99-105.
42. Ballyns JJ, Turo D, Otto P, Shah JP, Hammond J, Gebreab T, et al. Office- based elastographic technique for quantifying mechanical properties of skeletal muscle. *J Ultrasound Med* 2012;31(8):1209-19.

43. Chan S-T, Fung P-K, Ng N-Y, Ngan T-L, Chong M-Y, Tang C-N, et al. Dynamic changes of elasticity, cross-sectional area, and fat infiltration of multifidus at different postures in men with chronic low back pain. *Spine J* 2012;12(5):381-8.
44. Kwon DR, Park GY. Diagnostic Value of Real- time Sonoelastography in congenital muscular torticollis. *J Ultrasound Med* 2012;31(5):721-7.
45. Vasilescu D, Vasilescu D, Dudea SM, Sfringeu S, Cosma D. Sonoelastography contribution in cerebral palsy spasticity treatment assessment, preliminary report: a systematic review of the literature apropos of seven patients. *Med Ultrasonography* 2010;12(4):306-10.
46. Eby SF, Zhao H, Song P, Vareberg BJ, Kinnick RR, Greenleaf JF, et al. Quantifying spasticity in individual muscles using shear wave elastography. *Radiol Case Rep* 2017;12(2):348-52.
47. Arda K, Ciledag N, Aktas E, Aribas BK, Köse K. Quantitative assessment of normal soft-tissue elasticity using shear-wave ultrasound elastography. *Am J Roentgenol* 2011;197(3):532-6.
48. Shinohara M, Sabra K, Gennisson JL, Fink M, Tanter M. Real- time visualization of muscle stiffness distribution with ultrasound shear wave imaging during muscle contraction. *Muscle Nerve* 2010;42(3):438-41.
49. Koo TK, Guo J-Y, Cohen JH, Parker KJ. Quantifying the passive stretching response of human tibialis anterior muscle using shear wave elastography. *Clin Biomechanics* 2014;29(1):33-9.
50. Ryu J, Jeong WK. Current status of musculoskeletal application of shear wave elastography. *Ultrasonography* 2017;36(3):185.
51. Singh US, Meena RK, Singh CAK, Singh AJ, Singh AM, Langshong R. Prevalence of piriformis syndrome among the cases of low back/buttock pain with sciatica: a prospective study. *J Med Soc* 2013;27(2):94.
52. Zhang W, Luo F, Sun H, Ding H. Ultrasound appears to be a reliable technique for the diagnosis of piriformis syndrome. *Muscle Nerve* 2019;59(4):411-6.
53. Siddiq MAB, Hossain MS, Uddin MM, Jahan I, Khasru MR, Haider NM, et al. Piriformis syndrome: a case series of 31 Bangladeshi people with literature review. *Europe J Orthopaedic Surg Traumatol* 2017;27(2):193-203.
54. Ueki T, Numano T, Ito D, Habe T, Igarashi K, Mizuhara K, et al., editors. The postural influence on MR elastography of the piriformis muscle 2019: European Congress of Radiology 2019.
55. Kuo W-H, Jian D-W, Wang T-G, Wang Y-C. Neck muscle stiffness quantified by sonoelastography is correlated with body mass index and chronic neck pain symptoms. *Ultrasound Med Biol* 2013;39(8):1356-61.

56. Sikdar S, Shah JP, Gilliams E, Gebreab T, Gerber LH, editors. Assessment of myofascial trigger points (MTrPs): a new application of ultrasound imaging and vibration sonoelastography. 2008 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society; 2008: IEEE.
57. Leng Y, Wang Z, Bian R, Lo WLA, Xie X, Wang R, Huang D, Li L. Alterations of Elastic Property of Spastic Muscle With Its Joint Resistance Evaluated From Shear Wave Elastography and Biomechanical Model. *Front Neurol* 2019;10:736.
58. Joshua F, Edmonds J, Lassere M, editors. Power Doppler ultrasound in musculoskeletal disease: a systematic review. *Seminars in arthritis and rheumatism*; 2006: Elsevier.
59. Lu R, Meng Y, Zhang Y, Zhao W, Wang X, Jin M, et al. Superb microvascular imaging (SMI) compared with conventional ultrasound for evaluating thyroid nodules. *BMC Medical Imaging* 2017;17(1):65.
60. Chen H, Chen Y, Zhu H, Weiping X, Wang D, Liu W, et al. Comparative study of superb microvascular imaging and contrast-enhanced ultrasound in differentiating thyroid micronodules. *Chinese J Ultrason* 2016 (1):44-7.
61. Oura K, Kato T, Ohba H, Terayama Y. Evaluation of intraplaque neovascularization using superb microvascular imaging and contrast-enhanced ultrasonography. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2018;27(9):2348-53.
62. Daly SM, Leahy MJ. 'Go with the flow ': a review of methods and advancements in blood flow imaging. *J Biophotonics* 2013;6(3):217-55.
63. Heimdal A, Torp H. Ultrasound Doppler measurements of low velocity blood flow: Limitations due to clutter signals from vibrating muscles. *Ieee Transactions Ultrasonics Ferroelectrics Frequency Cont* 1997;44(4):873-81.
64. Gabriel M, Tomczak J, Snoch-Ziólkiewicz M, Dzieciuchowicz Ł, Strauss E, Oszkinis G. Comparison of superb micro-vascular ultrasound imaging (SMI) and contrast-enhanced ultrasound (CEUS) for detection of endoleaks after endovascular aneurysm repair (EVAR). *American J Case Rep* 2016;17:43.
65. Ohno Y, Fujimoto T, Shibata Y. A new era in diagnostic ultrasound, superb microvascular imaging: preliminary results in pediatric hepato-gastrointestinal disorders. *Europe J Pediatric Surg* 2017;27(01):020-5.

EKLER



Ek 1

TRAKYA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI
BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU Edirne, Türkiye

ARAŞTIRMA BAŞVURUSU ONAYIBAŞVURU BİLGİLERİ	PROTOKOL KODU	TÜTF-BAEK 2019/346	
	PROTOKOL ADI	Piriformis Sendromu Tanısında Shear Wave Elastografi (SWE) ve Superb Microvascular Imaging (SMI) Yöntemlerinin Etkinliğinin Değerlendirilmesi	
	SORUMLU ARAŞTIRICI ÜNVANI / ADI	Dr. Öğr. Üyesi Fethi USTABAŞIOĞLU	
	ARAŞTIRMA MERKEZİ		
	DESTEKLEYİCİ		
	ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	Tek Merkez Ulusal	Çok Merkez Uluslararası
KARAR BİLGİLERİ	Karar No:04/14		Tarih:17.02.2020
	Fakültemiz Radyoloji Anabilim Dalı Dr. Öğr. Üyesi Fethi USTABAŞIOĞLU'nun sorumluluğunda yapılması planlanan ve yukarıda başvuru bilgileri verilen Araş. Gör. Dr. Uğur GÜLSARAN'ın tez çalışmasının araştırma başvuru dosyası ve ilgili belgeler araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş; araştırmaya ilişkin giderlerin gönüllüye ve/veya bağlı bulunduğu sosyal güvenlik kurumuna ödenmediği koşullarda ve veri toplanacak yerlerden gerekli izinler alındıktan sonra gerçekleştirilmesinde etik bilimsel standartlar açısından sakınca bulunmadığına mevcudun oy birliği ile karar verilmiştir.		
ETİK KURUL BİLGİLERİ			
ÇALIŞMA ESASI	Helsinki Bildirgesi, İyi Klinik Uygulamalar Kılavuzu, TÜTF-BAEK Yönergesi		

ÜYELER

Ünvan/Ad/ Soyadı	Uzmanlık Dalı	Kurumu	Cinsiyeti	İlişki(*)	Katılım (**)	İmza
Prof. Dr. Ülfet VATANSEVER ÖZBEK Başkan	Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları	T.Ü.T.F. Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları A.D.	K	E H	E H	Mazeretli
Doç. Dr. Rugül KÖSE ÇINAR Başkan Yardımcısı	Ruh Sağlığı ve Hastalıkları	T.Ü.T.F. Ruh Sağ. ve Has. A.D.	K	E H	E H	
Dr. Öğr. Üyesi Ruhan Deniz TOPUZ Üye	Tıbbi Farmakoloji	T.Ü.T.F. Tıbbi Farmakoloji A.D.	K	E H	E H	Mazeretli
Doç. Dr. F. Nesrin TURAN Üye	Biyoistatistik	T.Ü.T.F. Biyoistatistik A.D.	K	E H	E H	Mazeretli
Doç. Dr. Hakan GÜRKAN Üye	Tıbbi Genetik	T.Ü.T.F. Tıbbi Genetik A.D.	E	E H	E H	
Prof. Dr. Hasan ÜMİT Üye	İç Hastalıkları	T.Ü.T.F. İç Hastalıkları A.D.	E	E H	E H	
Dr. Öğr. Üyesi Oktay KAYA Üye	Fizyoloji	T.Ü.T.F. Fizyoloji A.D.	E	E H	E H	Mazeretli
Prof. Dr. Galip EKUKLU Üye	Halk Sağlığı	T.Ü.T.F. Halk Sağlığı A.D.	E	E H	E H	Mazeretli
Dr. Öğr. Üyesi Fatma Gülsüm ONAL Üye	Tıp Tarihi ve Etik	T.Ü.T.F. Tıp Tarihi ve Etik A.D.	K	E H	E H	
Öğr. Gör. Dr. Sinan ATEŞ Üye	Kadın Hastalıkları ve Doğum	T.Ü.T.F. Kadın Hastalıkları ve Doğum A.D.	E	E H	E H	
Prof. Dr. Sevtap HEKİMOĞLU ŞAHİN Üye	Anestezi ve Reanimasyon	T.Ü.T.F. Anestezi ve Reanimasyon A.D.	K	E H	E H	
Prof. Dr. Atakan SEZER Üye	Genel Cerrahi	T.Ü.T.F. Genel Cerrahi A.D.	E	E H	E H	Mazeretli
Avukat Emine NURLU Üye		T.Ü. Rektörlüğü	K	E H	E H	
Emekli Öğretmen Sinan SEÇKİN Üye		Serbest Üye	E	E H	E H	

*Araştırma ile ilişki
**Toplantıda Bulunma

Prof. Dr. Ahmet TEZEL
Dekan a.
Dekan Yrd.

**TRAKYA ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU
BİLGİLENDİRİLMİŞ GÖNÜLLÜ OLUR FORMU**

Bir araştırma projesine davet edilmektesiniz. Bu araştırmanın yürütülmesi, Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'nun tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Araştırmaya katılmaya karar vermeden önce araştırmanın neden ve nasıl yapılacağını anlamanız çok önemlidir.

Araştırmaya katılım tamamen gönüllülük ilkesine bağlı olup katılmayı reddetmeniz herhangi bir cezaya ya da elde edilecek herhangi bir yararın kaybedilmesine kesinlikle yol açmayacaktır.

Aynı şekilde araştırmaya katılmayı kabul ettikten sonra da araştırmanın herhangi bir yerinde hiçbir neden göstermeksizin herhangi bir zarar ya da elde edilmesi beklenen bir yarar kaybına yol açmadan araştırmadan çekilebilirsiniz.

Araştırma kapsamında yapılan işlemlerin mali giderleri araştırmacılar tarafından karşılanacak olup size ya da sosyal güvenlik kurumunuza hiçbir mali yük getirmeyecektir.

Aşağıdaki bilgileri dikkatlice okuyun ve araştırmaya katılmak isteyip istemediğinize karar vermek için lütfen biraz düşünün.

- **Araştırmanın bilimsel adı: Piriformis sendromu tanısında Shear Wave Elastografi (SWE) ve Superb Microvascular Imaging (SMI) yöntemlerinin etkinliğinin değerlendirilmesi.**
- **Araştırmanın anlaşılabilir basit adı: : Piriformis sendromu olgularında tanısal etkinliğin ultrason benzeri yöntem ile değerlendirilmesi**
- **Sorumlu Araştırmacının adı ve görev yeri: Fethi Emre Ustabasıoğlu - Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı**
- **Araştırmanın amacı: Piriformis sendromu tanısında MR gibi ileri görüntüleme yöntemlerine ihtiyaç duyulmaksızın tanı konulabilmesine olanak sağlamak**
- **Araştırmanın niteliği: Klinik Çalışma**
- **Araştırmanın başlama tarihi ve öngörülen süresi: 15.03.2020 – 6 ay**
- **Araştırmaya katılması beklenen gönüllü sayısı: 40 hasta olmak üzere 40 gönüllü**
- **Araştırma sırasında uygulanacak olan invaziv yöntemler dahil olmak üzere gönüllüye uygulanacak yöntem, girişim ve tedavilerin tümü: Araştırma sırasında gönüllüler Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji A.D'na yönlendirilecek olup gönüllüler üzerinde herhangi bir invaziv (girişimsel) işlem gerçekleştirilmeyecektir. Hasta ve kontrol grubundaki gönüllülerin kalça bölgesine ultrason benzeri bir işlem yapılacak olup hastaların piriformis kası ve komşuluğundaki dokuları değerlendirilecektir. Bu esnada priformis kası kanlanması, sertliği ve tendon komşuluğunda sıvı varlığı değerlendirilecektir.**
- **Hastalar Edirne Sultan 1. Murat Devlet Hastanesi Fiziksel Tıp ve Rehabilitasyon Polikliniğinden Trakya Üniversitesi Radyoloji Anabilim dalına yönlendirilecektir.**

- Araştırmanın deneysel kısımları: Piriformis sendromu hastalarında inflamasyona bağlı kanlanmanın artması ve eşlik eden ödem Tıp literatüründe bilinen bir olgudur ancak bu durumun ileri sonografik yöntemlerle etkinliğinin değerlendirilmesi şimdiye kadar rutin pratikte kullanılmamaktadır.
- Farklı uygulama ve girişimler için gönüllülerin araştırma gruplarına rastgele atanma olasılığı: Yok
- Katılımcının araştırmaya dahil edilme nedeni: Klinik olarak piriformis sendromu tanısı almış veya piriformis sendromu düşündüren klinik ve bunu destekleyen MR görüntüleme bulguları olan hastalar araştırmaya dahil edilmiştir.
- Araştırmadan doğrudan gönüllü için beklenen yarar: Yok
- Gönüllünün sorumlulukları: Yok
- Gönüllünün (araştırma hamilelerde veya lohusalarda yapılacaksa ise embriyo, fetüs veya süt çocuklarının da) maruz kalabilecekleri riskler veya rahatsızlıklar: Yok
- Risklere karşı alınan önlemler: Risk olmaması nedeni ile herhangi bir önlem alınması gerekli değildir.
- Gönüllüye alternatif olarak uygulanabilecek olan diğer yöntemler ve bunların olası yarar ve zararları: Alternatif yöntem yoktur.
- Araştırmaya bağlı olarak bir zarar oluştuğunda verilecek tazminat ve sağlanacak tedaviler: Araştırmaya bağlı oluşabilecek bir zarar yoktur.
- Gönüllülere yapılacak ulaşım, yemek gibi masraflara ilişkin ödemeler: Yok
- Gönüllünün araştırmaya katılımının sona erdirilmesini gerektirecek durumlar veya nedenler: Yok
- Araştırma sonunda gönüllülere bilgi verilecek mi? Talebi halinde verilecektir.
- Gönüllülerin araştırma hakkında, kendileri hakkında ya da araştırmayla ilgili herhangi bir beklenmedik olay hakkında daha fazla bilgi edinebilmesi için temasa geçebileceği kişi ve kendisine günün 24 saatinde erişebileceği telefon numarası: Dr. Öğr. Üyesi Fethi E. Ustabasıoğlu - 05325707267
- Gönüllülerden elde edilecek olan biyolojik materyallerin hangi amaçlarla kullanılacağı: Herhangi bir biyolojik materyal kullanılmayacaktır.

Yukarıda açıkça tanımlanan çalışmanın ne amaçla, kimler tarafından ve nasıl gerçekleştirileceği anlayabileceğim bir ifade ile bana anlatıldı.

Bu araştırmadan elde edilen bilgilerin bana ve başka insanlara sağlayacağı yararlar bana anlatıldı.

Araştırma sırasında meydana gelebilecek riskler ve rahatsızlıklar bana anlayabileceğim bir dille anlatıldı.

Araştırma sırasında oluşabilecek zarar durumunda gerçekleştirilecek işlemler bana anlatıldı.

Araştırmanın yürütülmesi sırasında olası yan etkiler, riskler ve zararlar ve haklarım konusunda 24 saat bilgi alabileceğim bir yetkilinin adı ve telefonu bana verildi.

Araştırma kapsamındaki bütün muayene, tetkik ve testler ile tıbbi bakım hizmetleri için benden ya da bağlı bulunduğum sosyal güvenlik kuruluşundan hiçbir ücret istenmeyeceği bana anlatıldı.

Araştırmaya hiçbir baskı ve zorlama altında olmaksızın gönüllü olarak katılıyorum.

Araştırmaya katılmayı reddetme hakkına sahip olduğum bana bildirildi.

Sorumlu araştırmacı / hekime haber vermek kaydıyla, hiçbir gerekçe göstermeksizin istediğim anda bu çalışmadan çekilebileceğimin bilincindeyim.

Bu çalışmaya katılmayı reddetmem ya da sonradan çekilmem halinde hiçbir sorumluluk altına girmediyimi ve bu durumun şimdi ya da gelecekte gereksinim duyduğum tıbbi bakımı hiçbir biçimde etkilemeyeceğini biliyorum.

Çalışmanın yürütücüsü olan araştırmacı / hekim ya da destekleyen kuruluş, çalışma programının gereklerini yerine getirmedeki ihmali nedeniyle, benim onayımı almadan beni çalışma kapsamından çıkarabileceğini biliyorum.

Trakya Üniversitesi Tıp Fakültesi Bilimsel Araştırmalar Etik Kurulu'nun gerekli gördüğünde, gizliliğimin korunması ilkesine uygun olarak, araştırma konusuyla ilişkili orijinal tıbbi kayıtlarıma doğrudan erişimde bulunabileceğini biliyorum

İlgili yasal düzenlemeler gereğince kimliğimi ortaya çıkaracak kayıtların gizli tutulacağı, kamuoyuna açıklanmayacağı; araştırma sonuçlarının bilimsel toplantılarda sunulabileceği ya da yayınlanabileceği, ancak, bu tür durumlarda kimliğimin kesin olarak gizli tutulacağı bana açıklandı.

Araştırma konusuyla ilgili olarak, çalışmaya devam etme isteğimi etkileyebilecek yeni bilgiler elde edildiğinde bana ya da yasal temsilcime zamanında bilgilendirme yapılacağı bana açıklandı.

Yukarıda yer alan ve araştırmadan önce gönüllüye verilmesi gereken bilgileri gösteren Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu adlı metni kendi anadilimde okudum.

Aklıma gelen bütün soruları sorma olanağı tanındı ve sorularıma doyurucu cevaplar aldım.

Yukarıda konusu belirtilen araştırma ile ilgili yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen araştırmacı tarafından yapıldı.

Bu koşullarla, söz konusu araştırmaya hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın gönüllü olarak katılmayı kabul ediyorum.

Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu'nun tam imzalı bir kopyasını aldım.

- *Gönüllünün; (El yazısı ile)*

Adı- Soyadı:

İmzası:

Adresi (varsa telefon ve/veya faks numarası):

.....

.....

Tarih:

- *Velayet ya da vesayet altında bulunanlar için; (El yazısı ile)*

Veli ya da Vasinin Adı- Soyadı:

İmzası:

Tarih:

Adresi (varsa telefon ve/veya faks numarası):

.....

Tarih:

- *Açıklamaları yapan araştırmacının*

Unvanı, Adı- Soyadı: (El yazısı ile)

Görev yaptığı bölüm:

İmzası:

Tarih:

