



T.C.

AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

**SHEAR-WAVE ELASTOGRAFİ US İLE YAPILAN
APPENDİKS ELASTİSİTE ÖLÇÜMÜNÜN AKUT
APANDİSİT TANISINDAKİ YERİ**

UZMANLIK TEZİ

DR. CİHAT YILDIRIM

DANIŞMAN

Doç. Dr. Özüm TUNÇYÜREK

AYDIN-2019

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

**SHEAR-WAVE ELASTOGRAFİ US İLE YAPILAN APPENDİKS
ELASTİSİTE ÖLÇÜMÜNÜN AKUT APANDİSİT TANISINDAKİ
YERİ**

UZMANLIK TEZİ
DR. CİHAT YILDIRIM

DANIŞMAN
Doç. Dr. Özüm TUNÇYÜREK

AYDIN-2019

*Bu araştırma Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından
TPF-18074 numaralı proje olarak desteklenmiştir.*

İÇİNDEKİLER

TABLolar DİZİNİ	III
GRAFİKLER DİZİNİ	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ	V
SEMBOLLER VE KISALTMALAR	VI
1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	4
2.1. Tarihçe	4
2.2. Ebriyoloji-Anatomi-Histoloji	4
2.3 Tanım ve Fizyopatoloji	5
2.4. Epidemiyoloji	7
2.5. Akut Apandisit Kliniği	7
2.5.1. Semptomlar	7
2.5.2. Karın ağrısı	7
2.5.2.1. Akut apandisitte karın ağrısının patogenezi.....	8
2.5.3. İştahsızlık	9
2.5.4. Dışkılama dürtüsü	9
2.6. Fizik muayene bulguları	9
2.7. Laboratuvar bulguları	10
2.8. Alvarado skorlama sistemi	10
2.9. Akut apandisitte görüntüleme	11
2.9.1. Direkt grafi.....	11
2.9.2. Skopi	11
2.9.3. Ultrasonografi	11
2.9.4. Bilgisayarlı tomografi	12
2.9.5. Manyetik rezonans görüntüleme.....	14
2.10. Ayırıcı tanı	15
2.11. Akut apandisit tedavisi	16
2.11.1. Nonoperatif tedavi	16
2.11.2. Cerrahi tedavi	16
2.12. Ultrason Elastografi Hakkında Genel Bilgi.....	16

2.13. US-Elastografi Fiziği	18
2.14.US-Elastografi Teknikleri.....	22
2.14.1. Yarı-Statik Yöntemler	22
2.14.2. Dinamik Yöntemler.....	24
2.14.2.1. ARFI Tekniği	25
2.14.2.2. Transient Elastografi	26
2.14.2.3. Point Shear Wave Elastografi (pSWE)	27
2.14.2.4. Shear Dalga Hız Görüntüleme	28
2.15. US-Elastografide Görüntü Kalitesini Etkileyen Faktörler.....	29
2.15.1. Transduserin vibrasyon hızı	29
2.15.2. İlgi alanı (Region of Interest, ROI)	30
2.15.3. Çerçeve (frame) hızı	30
2.16.UltrasonElastografiTümVücutKullanımAlanları	30
2.17. Elastografide Artefaktlar	34
2.17.1. Strain elastografi artefaktları	34
2.17.2. Shear dalga elastografi artefaktları	35
3. GEREÇ VEYÖNTEM	36
4. BULGULAR	43
5. TARTIŞMA	48
6. SONUÇ	60
7. ÖZET	61
8. ABSTRACT	63
9. KAYNAKLAR	65
10. OLGU ÖRNEKLERİ.....	72
11. EK	77

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo-1 : Opere edilen hastalardaki appendiks ve katmanlarının histopatolojik incelemede ölçülen kalınlıkları.....	44
Tablo-2 : Hasta ve kontrol gruplarının appendiks ve katmanlarının gri-skala US'de ölçülen ortalama kalınlıkları.....	45
Tablo-3 : Hasta ve kontrol gruplarında ölçülen ortalama SWE elastisite değerleri.....	46



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil-1 : ARFI dalgasına ikincil oluşan shear dalgası	26
Şekil-2 : “Point shear wave (pSW)” yöntemi için örneklenecek bölgeye gönderilen ARFI ses dalgası.....	27
Şekil-3 : “2D shear wave” yönteminde hedeflenen alan için seçilen ROI içerisine çoklu ARFI uygulaması	29
Şekil-4 : Normal appendiks görünümüne sahip olguda lamina propria ve submukoza ölçümleri.....	37
Şekil-5 : Gri skala US’de akut apandisit görünümüne sahip olguda, lamina propria ve submukoza ölçümleri.....	38
Şekil-6 : Normal appendiks görünümüne sahip olguda shear-wave elastografi US tekniğiyle yapılan elastisite ölçümü	39
Şekil-7 : Gri skala US’de akut apandisit görünümüne sahip olguda, shear-wave elastografi US tekniğiyle yapılan elastisite ölçümü	40
Şekil-8 : “skor 1”= muskularis propriada bir büyük büyütme alanında (1 BBA) nötrofil yok.....	41
Şekil-9 : “skor 2”=muskularis propriada bir BBA’da nötrofil var.....	41
Şekil-10 : ”skor 3”= muskularis propriada nötrofil var ve periapendiksiyal/peritoneal nötrofil infiltrasyonu var.....	42

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik-1 : Hasta ve kontrol gruplarındaki tüm hastaların yaş dağılımlarına göre dağılımı43

Grafik-2 : SWE tekniğinin akut apandisitteki tanısal performansını gösteren ROC eğrisi46



SEMBOLLER VE KISALTMALAR

Ultrasonografi : (US)

Bilgisayarlı tomografi : (BT)

Manyetik rezonans görüntüleme : (MRG)

Shear wave : (SW)

Shear-wave elastografi : (SWE)

Acoustic Radiation Force Impulse Imaging : (ARFI)

Transient Elastografi : (TE)

kilopascal : (kPa)

Strain indeksi (Sİ)

Region of interest : (ROI)

Metre/saniye : (m/sn)

Mikrometre : (μm)

Point shear-wave elastografi : (pSWE)

2 boyutlu ve 3 boyutlu: (2D) ve (3D)

Megahertz : (MHz)

Reliability Measurement Index : (RMI)

Interquartile range/median ratio : (IQR/M)

Büyük büyütme alanı : (BBA)

Pozitif öngörü değeri : (PÖD)

Negatif öngörü değeri : (NÖD)

Receiver operating characteristic: (ROC)

C reaktif protein : (CRP)

Dünya Sağlık Örgütü : (DSÖ)

Gastrointestinal sistem : (GİS)

European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology : (EFSUMB)

Ülseratif kolit : (ÜK)

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Akut apandisit, karın ağrısı şikayeti nedeniyle başvuran hastalarda en sık cerrahi gerektiren nedendir. Tanısında her ne kadar öncelikle klinik ve laboratuvar bulgular ön planda tutuluyor olsa da görüntüleme yöntemlerinin de tanıdaki yeri özellikle son yıllarda giderek artmaktadır. Akut apandisit tanısında birçok farklı görüntüleme yöntemi kullanılabiliyor olsa da ultrasonografi (US) radyasyon maruziyetine neden olmayan, non-invaziv, pratik, ucuz ve tekrarlanabilir bir yöntem olması nedeniyle tanıda halen ilk basamak olarak tercih edilmektedir. Appendikste çap ve duvar kalınlık artışı, çevre yağlı dokuda enflamatuvar ekojenite değişiklikleri gibi gri-skala US bulguları tanı koymada oldukça yararlıdır. Ancak obez hastalarda, retroçekal yerleşimli appendiksi bulunan hastalarda, bağırsak gazlarının appendiksi süperpoze ettiği durumlarda US’de gri skala değerlendirmede appendiksin görülememesi nedeniyle bu modalite tanıda yetersiz kalmaktadır. Bunun dışında erken evrede düşük yoğunluklu enflamasyonu bulunan akut apandisit vakalarında appendikste çap artışı veya çevre yağlı dokuda ekojenite değişikliklerinin henüz oluşmaması gri-skala US’nin yetersiz kaldığı bir diğer husustur. US’nin tanı koymada yetersiz kaldığı bu vakalarda kesitsel incelemeler tanıda yarar sağlamaktadır. Özellikle bilgisayarlı tomografi (BT), kısa çekim süresi, yüksek spesifite ve sensitivite oranları gibi avantajlarının bulunması nedeniyle appendiksin görülemediği ya da US değerlendirme için gerekli hasta kooperasyonunun sağlanamadığı durumlarda sıklıkla başvurulmuş bir modalitedir. Ancak bilindiği üzere BT’nin radyasyon ve kontrast madde maruziyeti gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Son dönemlerde özellikle çocuk hastalarda ve gebelerde kontrast madde maruziyetinden kaçınmak için manyetik rezonans görüntüleme (MRG) de daha sık tercih edilmektedir. Ancak bu tetkikin de uzun çekim süresi gerektirmesi, çocuklarda veya klostrofobisi bulunan erişkin hastalarda kooperasyonun zor olması gibi dezavantajları da mevcuttur. Bunların haricinde, bazı olgularda klinik ve laboratuvar bulguların görüntüleme bulgularıyla korelasyon göstermemesi nedeniyle olası akut apandisit varlığı gözden kaçabilmekte, bunun sonucu olarak da bu olgular perforasyon ve peritonit gibi mortalite sebebi olabilecek komplikasyonlara ilerlemektedir. Diğer yandan ise görüntüleme bulgularının akut apandisit lehine olduğu ya da görüntüleme bulgularının normal olmasına rağmen klinik ve

laboratuvar bulgular açıdan kuşkunun devam etmesi nedeniyle opere edilen bazı olgularda ise akut apandisit var olmadığı görülebilmektedir.

Akut apandisit tedavisinde cerrahi tedavi her ne kadar sıklıkla tercih ediliyor olsa da medikal tedavilerle ilgili yapılan araştırmalar bazı hastaların bu tedaviden de fayda görebildiğini göstermektedir. Bu sebeple cerrahi tedavi ve olası komplikasyonlarından kaçınabilmek amacıyla medikal tedaviye yönelim de gittikçe artmaktadır. Bu tedavilerden hangisinin hangi hastada tercih edileceğinin belirsizlik taşıması medikal tedavinin tercih edilebilirliğini zorlaştırmaktadır. Çünkü enflamasyon yoğunluğunun yüksek olduğu hastalarda perforasyon gelişme riski de artmış olup medikal tedavi için yeterli süre bulunmamaktadır. Akut apandisit kuşkusunda başvuru US, BT ve MRG gibi görüntüleme yöntemleri akut apandisit varlığında olguların büyük çoğunluğunu tespit edebilmektedir ancak appendiks duvarındaki enflamasyonun yoğunluğunu tespit etmede çoğu zaman yetersiz kalmaktadır.

Tüm bu bahsedilenler göstermektedir ki akut apandisit tanısında yetersiz kalınan bazı olgular halen bulunmaktadır ve tanıdaki kör noktaları görmemizi sağlayacak yeni yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Elastografi US görüntüleme dokuların sertliğini ölçmede kullanılan, akut apandisit tanısında faydalı olabileceği düşünülen ve araştırılması gereken bir yöntemdir. Önceleri strain elastografi gibi yarı-statik yöntemler, sonrasında ise shear-wave elastografi(SWE) gibi dinamik yöntemlerin kullanıma girmesiyle yaygınlık kazanmıştır ve vücuttaki birçok organ ve oluşum ile ilgili patolojilerin aydınlatılmasında yarar sağlamış olup halen birçok alanda bu teknik ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Literatürde gastrointestinal sistem yapıları ile ilgili olarak elastografi incelemenin kullanımını araştıran çalışma sayısı henüz az sayıdadır. Bunun sebebi muhtemelen bu yapıların peristaltik hareketlere sahip ve lümenli olması nedeniyle elastografi artefaktlarının oluşabilmesi, bunun da doğru ölçüm yapmayı zorlaştırmasıdır. Özellikle akut apandisit tanısında elastografiyle ilgili yapılmış çalışma sayısı oldukça azdır. Tüm bu çalışmaların ortak hipotezi, akut apandisitte enflamasyon varlığı nedeniyle dokunun sertliğinin normal bir appendikse göre artış göstereceği ya da enflamasyon yoğunluğunun arttığı durumlarda appendikste sertliğin de o oranda artacağıdır. Biz de ileri dönük olarak planladığımız bu çalışma da, aynı hipotezden yola çıkarak akut apandisit kuşkusu bulunan ve appendiksin gri-skala US ile değerlendirilebildiği olgularda gri-skala US verileriyle birlikte SWE tekniği ile elastisite ölçümü yapmayı da hedefledik. Bu olgulardan appendektomi yapılanlarında akut apandisit olup olmadığı histopatolojik olarak doğrulanmıştır. Akut apandisit tanısı alan

olgular ise appendiksteki n6trofil yoğunluğuna g6re enflamasyon skorlanmasına tabi tutulmuştur. Bunun dışında tüm olguların lökosit ve CRP değerleri ile klinik ve laboratuvar bulgularından hesaplanan Alvarado skorları da çalışmaya dahil edilmiştir.

Çalışmamızın amacı, akut apandisit tanısında shear-wave elastografi US tekniğinin gri skala US bulgularına katkısı olup olmadığını, akut apandisitli olgularda enflamasyon yoğunluğunun anlaşılmasında ne derece faydalı olabileceğini araştırmaktır.



2. GENEL BİLGİLER

2.1. Tarihçe

Appendiks vermiformis 1521 yılında ilk kez anatomist Berengario Da Caprio tarafından tanımlanmıştır (1). Daha öncesinde Leonardo Da Vinci de 1492 yılında appendiksi çizimlerinde göstermiştir ancak; bu çizim 18. Yüzyılda yayımlanmıştır (2). 1711’de Lorenz Heister ise gangrenöz apandisit perforasyonla sonuçlandığını düşünmüş ve post-mortem çalışmalarda enfeksiyonun appendiksten kaynaklandığını göstererek apandisit öneminden bahsetmiştir (3). Francois Melier otopsilerde tanımladığı apandisit vakalarıyla appendiksin cerrahi olarak çıkarılabileceğinden bahsetmiştir (3-5). Bunu takip eden yıllarda ise Bright ve arkadaşları akut apandisit bulgularını tanımlayarak bunun sağ alt kadranda enflamasyon gelişmesine neden olduğunu dile getirmiştir (6). İlk appendektomi 1735 yılında Cladius Amyand tarafından yapılmıştır (7) ancak; yine de bir buçuk asır boyunca apandisit cerrahi tedavisinde net bir yaklaşıma karar verilememiştir.

Harvard Üniversitesi Anatomi profesörü Reginald Heber Filtz, 1886 yılında yapılan Associations of American Physicians toplantısındaki ‘Appendiksin Perforan Enflamasyonu:Erken Tanı ve Tedavi İçin Özel Referans’ konulu sunumunda appendiksin cerrahi olarak çıkarılmasının öneminden bahsetmiştir (8,9). McBurney ise 1889 yılında kendi ismiyle anılan kesiyi bulmuş ve akut apandisitte erken dönemde cerrahi girişim yapılmasını önermiştir (10).

2.2. Embriyoloji-Anatomi-Histoloji

Appendiks vermiformis, embriyolojik gelişimin 8. haftasında çekum distalinde, 3 tenia kolinin birleşme yerinde bir kabartı şeklinde ortaya çıkar. Çekumun büyümesinin appendikse kıyasla daha fazla olması nedeniyle appendiks mediale doğru itilir.

Histolojik olarak appendiks ile çekum sirküler ve longitudinal kas katmanlarını içermesi nedeniyle birbirine benzemektedir. Submukoza tabakasında lenf follikülleri bulunur. Bu folliküllerin sayısı 10-20 yaşlarında en yüksek sayıya ulaştıktan sonra 30 yaşından itibaren

azalmaya başlar, 60 yaşından sonra ise tamamen yok olur. Bu nedenden ötürü 60 yaşından sonra akut apandisit oranı görülme sıklığı da azalmaktadır.

Appendiksin anatomik lokalizasyonu çekum distalinde, ileoçekal valvin yaklaşık 2,5 cm kaudalidir. Bu yapı intraperitoneal yerleşimli olup kendine ait bir mezoya sahiptir. Ortalama uzunluğu 5-10 cm, genişliği ise 0,5-1 cm'dir. Appendix parakolik (paraçekal), retroçekal, preileal, postileal, promontorik, pelvik veya subçekal yerleşimli olabilir. Yapılan postmortem bir çalışmaya göre appendix yerleşim yeri %65,3 retroçekal, %31 pelvik, %2,3 subçekal, %1 preileal ve sağ parakolik, %0,4 postileal olarak bulunmuştur (11). Appendixin arteriyal dolaşımı ileokolik arterin bir dalı olan ve mezoappendiks içinde seyreden appendiküler arter tarafından sağlanır. Ayrıca bazı kişilerde sağ kolik arterin posterior çekal dalından kaynaklanan aksesuar appendiküler arter dalı bulunabilir. Appendixin venöz dolaşımı, superior mezenterik vene drene olan ileokolik ven tarafından sağlanır. Lenfatik dolaşımı ise mezoappendiks içerisinde bulunan ve ileoçekal lenf nodlarına drene olan lenfatik kanallar vasıtasıyla olur.

Appendiksin ucu iki durumda sol alt kadranda bulunabilir (12) ve buna bağlı olarak akut apandisit kliniği gelişmesi halinde ağrı sol alt kadranda hissedilir. Bunlardan biri normal anatomik yerleşimli ancak uzun olması nedeniyle sol alt kadrana kadar uzanım olması, öteki ise situs inversus varlığıdır. Tüm bunların dışında nadiren de olsa appendixin agenizisi veya duplikasyonu da karşılaşılmaktadır (13,14).

2.3. Tanım ve Fizyopatoloji

Akut apandisit, appendix vermiformisin akut enflamasyonu olarak tanımlanmaktadır (15,16). Bu enflamasyonun etiyolojisinde ise appendix lümeninin obstrüksiyonuna sekonder distalde oluşan sekresyonlar ve bakteriyel kontaminasyon gösterilmektedir (17). Bu obstrüksiyonun nedeni olarak %60 vakada lenf folliküllerinin hiperplazisi, %30 vakada ise fekalitler görülmektedir(18). Diğer sebepler ise meyve çekirdekleri, yabancı cisimler, tahıl ve posalı gıdaların az tüketilmesi, primer tümörler ve metastazlar, paraziter enfeksiyonlar, lenfoid doku reaksiyonu yaratan hastalıklardır (18-20). Salmonella ve şigella enfeksiyonlarında da akut apandisit geliştiği bildirilmiştir (18,21,22). Kızamıkta viremi sonrası gelişen appendisiyel lenfoid hiperplazi nedeniyle de apandisit oluşabilir (23,24). Ayrıca histopatolojik incelemede sadece appendixi tutan granümatöz apandisit vakaları da bildirilmiştir (25). Akut apandisit

etiyojisinde coğrafi özelliklere bağı olarak farklı nedenler görülebilmektedir. Şistozomiazisin Mısır'da akut apandisit etiyojisinde önemli bir faktör olması buna örnektir (26). Bunların dışında travma da akut apandisit neden olabilmektedir. Etki mekanizması tam olarak bilinmese de appendiks lüminal basıncındaki artışın sızıntı ve bakteriyel translokasyonu başlattığı, bunun da enflamasyona neden olduğu düşünülmektedir (23,27).

Lüminal obstrüksiyonun oranı, lüminal içerik miktarı ve appendiks serozasının elastikiyeti, obstrüksiyon sonrasında gelişen olayları belirler (18). Obstrüksiyon nedeniyle appendiks lüminindeki mukusun çekuma drene olamaması, lümen içi basınç artışına sebep olur (17,18). Biriken mukusla birlikte özellikle gram negatif bakterilerin tabloya eklenmesiyle iltihap oluşur (17,18,20). Lümen içi sekresyon miktarının daha da artmasıyla oluşan basınç nedeniyle appendiksin lenfatik drenajı bozulur ve ödem gelişir. Bakterilerin translokasyonu da mukozada ülserleşmeler oluşur.

Akut apandisit başlangıcında kolik tarzda olan ağrı, bir süre sonra visseral künt ağrıya dönüşür. Appendikste oluşun gerilme, reseptörler aracılığıyla gangliyonlara iletilir ve umblikal bölgede ağrı hissedilmeye başlar. Bu ağrı hemen her olguda mevcuttur (20). Visseral tipteki bu karın ağrısına bulantı, iştahsızlık ve bazen de kusma eşlik eder. Lenfatik drenajdaki bozulmayı, venöz kompresyon ve tromboz takip eder. Buna bağı iskeminin gelişmesiyle de bakteriyel sızıntı seroza katmanına kadar ulaşır. Bu aşama akut süpüratif apandisittir (18,19). Parietal peritonun uyarılmaya başlaması ise ağrının somatik karakter kazanmasına ve ağrının sağ alt kadrana lokalize olmasına neden olur.

Appendiks duvarının anti-mezenterik yüzeyinin ortasının arteriyel dolaşımın en zayıf yer olması nedeniyle nekroz ve gangren öncelikle buradan gelişir ve böylece gangrenöz apandisit oluşur (18). Canlılığını sürdürmekte olan mukoza alanlarından devam eden sekresyonlarla lüminal basınç daha da artar ve duvarda defektler oluşmaya başlar. Bu aşama ise perfore apandisittir. Gangrenöz ve perfore apandisit aşamaları komplikasyon olarak kabul edilmektedir (18). Perforasyon sonrasında periton boşluğuna bakteri kontaminasyonu gelişmesi morbidite ve mortaliteyi artıran durumlardır. Akut apandisitte hadise çoğu zaman bu şekilde sonuçlanmaz çünkü; omentum, ince bağırsaklar, çekum, iltihabi bant ve yapışıklıklar perforasyonu sınırlayarak lokalize peritonit olmasını sağlar (18,20). Bu sebeple abse ve plastron oluşur (20). Appendiksin retroçekal yerleşimli olduğu durumlarda periton irritasyonu görülmeyebilir,

perinefritik abseye kadar ilerleyen bir tablo oluşabilir (28). Appendiksin perfore olduğu durumlarda en sık izole edilen etken anaerobik bakteriler olup mortalite ve morbiditeyi arttıırırlar. İzole edilen aerobik etkenler içerisinde ise en sık görüleni E.coli'dir (20,29).

2.4. Epidemiyoloji

Akut apandisit, cerrahi tedavi gerektiren en sık akut karın sebebidir. Hayat boyunca gelişme riski %6-7'dir (30,31). En sık 2-3. dekatta görülmekte olup 5 yaş altında ve 50 yaş üzerinde nadirdir (30, 32-37). Erkek-kadın dağılımı gençlerde ve geç yetişkinlerde 1,3/1 olup bu yaş gruplarının üzerinde dağılım eşittir (34-36). Apandisit görülme sıklığı ülkeler hatta aynı ülkenin bölgeleri arasında, farklı ırk veya meslek grupları arasında değişiklik gösterebilmektedir (30,38,39). Bunun dışında beslenme alışkanlığındaki farklılıklar da görülme sıklığını etkilemektedir (40-42). Yüksek rafine ve düşük lifli diyetle beslenen sanayileşmiş ülkelerde nispeten daha sık görülürken az rafine ve yüksek lifli diyet tüketen gelişmekte olan ülkelerde daha az görülür.

2.5. Akut Apandisit Kliniği

2.5.1. Semptomlar

Akut apandisitte klinik bulgular çeşitlilik göstermekle birlikte ana semptomlar genelde ortaktır. Sıklıkla iştahsızlık ve bulantıyı takip eden göbek çevresi yerleşimli veya yaygın karın ağrısı görülür. Kusma ise karın ağrısından sonra ortaya çıkar. Ağrı genellikle başladıktan 6-8 saat sonra sağ alt kadrana yer değiştirir. Akut apandisit olgularının %60'ında bu bulgular tipik olarak görülmektedir (43).

2.5.2. Karın ağrısı

Akut apandisitinin en önemli bulgusu karın ağrısıdır. Bu ağrı başlangıçta epigastrik bölge veya umbilikal bölge yerleşimli olup süreklilik göstermekte ve orta şiddettedir. 1-12 saat kadar bir süre sonra ise ağrı sağ alt kadrana yer değiştirir. Karın ağrısındaki bu yer değiştirme bazı hastalarda da izlenmeyebilir ve ağrı direkt olarak sağ alt kadranda başlayıp orda devam edebilir (15).

2.5.2.1.Akut apandisitte karın ağrısının patogenezi

Lüminal obstrüksiyon sonrası appendiks salgılarının devam etmesi nedeniyle appendiks içi basınç artar. Bu basınç artışı appendikste distansiyon gelişmesine ve visseral afferent sinir liflerinin uyarılmasına neden olur. Sinir liflerinin uyarılmasıyla umblikusta veya hipogastriyumda net lokalize edilemeyen künt bir karın ağrısı oluşur. Ayrıca appendiksin distansiyonu nedeniyle peristaltizm de uyarılır ve erken fazda kolik tarzda ağrı da tabloya eklenebilir. Lümen içi distansiyon artışının devam etmesiyle bulantı-kusma da görülür ve visseral ağrı daha şiddetli bir hale gelir. Bu aşamada görülen ağrı birinci tip ağrıdır.

Appendikste enflamasyona seroza katıldığı zaman, ağrı sağ alt kadranda lokalize edilmeye başlanır. Bu ağrı ikinci tip ağrı olup pariyetal peritonun olaya katılmasına dek sürer.

Üçüncü tip ağrı ise appendiks serozasındaki enflamasyonun pariyetal peritonu etkilemesiyle başlar. Bu ağrı çok daha şiddetli bir ağrıdır. Ağrının yeri appendiks peritonundaki irritasyonun olduğu bölgededir. Ağrılı bölgede aşırı hassasiyet ve kaslarda sertlik başlar. Bu durum nedeniyle fizik muayenede defans ve rebound bulguları görülür.

Appendiks yerleşimindeki varyasyonlar nedeniyle somatik ağrının yeri de farklı lokalizasyonlarda olabilir. Örneğin retroçekal yerleşimli appendiksi bulunan bir hastada ağrı kasığa veya arkaya vurabilir. Distal ucunda inflamasyon görülen ve sol alt kadrana uzanan appendikse sahip hastalarda ağrı sol inguinal bölgede oluşabilir. Pelvik yerleşimli appendikste suprapubik ağrı, retroileal yerleşimli appendikste ise enflame appendiksin ureter ve spermatik arteri irrite etmesi nedeniyle testiküler ağrı görülebilir (15).

Üçüncü tip ağrının olduğu aşamada appendiks artık gangrene olmuştur ve önlem alınmazsa opere olur. Appendiksin perforasyon olduğu durumlarda lumen içi basınç ve gerginliğin azalması nedeniyle hastanın ağrısı azalır ve hastada gözle görülür bir iyileşme hali izlenebilir. Yaygın peritonitin başlamasından önceki bu evreye açık aralık (lucid interval) veya tehlikeli durgunluk (dangerous calm) denilmektedir (44). Peritonit yaygın hale geldikten sonra karın ağrısı da diğer bölgelere yayılır. Karında şişkinlik, bulantı, kusmanın sonrasında ateş, taşikardi ve titreme gibi sistemik bulgular görülür.

2.5.3. İştahsızlık

İştahsızlık yeme isteğinin açlık hali devam ederken bile var olmamasıdır. Bu semptom hastada meydana gelen önemli bir bozukluğun işareti olup akut apandisit hastalarında hastalık başlamadan birkaç gün öncesinde görülebilir. Yapılan bir çalışmaya göre akut apandisit ilk 6-8 saatlik evresinde iştahsızlık %95 oranında görülmektedir. Karın ağrısıyla birlikte iştahsızlık tarifleyen bir hastada akla gelmesi gereken ilk tanılardan birisi akut apandisit (44).

2.5.4. Dışkılama dürtüsü

Akut apandisitte dışkılama dürtüsü olduğu ilk kez 1886 yılında Fitz tarafından bildirilmiştir. Keyes ise dışkılama dürtüsünün bulantı ve kusma gibi akut apandisit tanısında önemli olduğunu göstermiştir. Bu bulgu günümüzde akut apandisit ilk 6-8 saat bulguları arasında yerini almıştır (44). Hasta gaz çıkaramadığını veya dışkılayamadığını veya bunları yapabilese bile rahatlayamadığını tarifler.

2.6. Fizik muayene bulguları

Akut apandisitte fizik muayene bulguları tipik olarak sağ alt kadranda hassasiyet, defans, rebound olarak orataya çıkmaktadır. Sağ alt kadranda ciltte hiperestezi, rektal muayenede sağ tarafta hassasiyet ve nadiren de obturator ve psoas bulguları görülebilmektedir. Oskültasyonda bağırsak sesleri sağ alt kadranda azalmış olarak duyulur. Ateş genellikle normal olup 38 derecenin altındadır ancak; perforasyonlu apandisitlerde ateş görülme sıklığı artmaktadır.

Akut apandisitte özgü tanımlanan fizik muayene bulguları ise McBurney noktasında hassasiyet, sağ alt kadranda derin palpasyonun ani olarak kaldırılması ile oluşan ağrı, palpasyonda karın duvarı kaslarının kasılması, sol alt kadrana derin palpasyon yapılması ile soldaki kolon gazının sağa doğru yer değiştirmesiyle oluşan ağrı, öksürme ile sağ alt kadranda ağrı oluşması, ayak parmak uçlarında yükselip aniden topukların üzerine kendini bırakmasıyla hastanın sağ alt kadranda ağrı oluşmasıdır.

2.7. Laboratuvar bulguları

Komplike olmamış akut apandisit vakalarında 10500-18000/mm³ arasında değişen lökositoz tablosu görülmektedir. Nötrofil hakimiyetinin görülmesi orta derecede bir sıklığa sahiptir (15). Lökosit sayısının normal olması nadir olmayan bir durumdur hatta lökopeni durumunda da apandisit görüldüğü bildirilmiştir (47).

Komplike akut apandisitte ise lökosit sayısı genellikle 18000/mm³'ten fazladır. Bu nedenle bu tarz durumlarda perforasyon veya abse kuşkusu ön planda tutulmalıdır (15).

CRP ve ESR'nin akut apandisit tanısında sensitivite ve spesifitesi düşüktür. Tanıda laboratuvar testlerinin kombinasyonunun kullanılması doğruluk oranını arttırmaktadır. Lökositoz ve CRP yüksekliğinin birlikteliği %98 gibi yüksek bir sensitivite oranına sahip olup bu iki parametrenin de normal olduğu durumlarda akut apandisit görülme olasılığı oldukça düşüktür (48).

Periferik kanda lökosit sayısında artış görülmesinin enflamasyonun erken bir belirtici olduğu öne sürülmüştür (49). Bununla ilgili çok sayıda çalışma olmasına rağmen güvenilirliğine dair net bir kanıya varılamamıştır (46). Ayrıca bu durumun basit ve perforasyonlu apandisit ayırımında yararlı olmadığı görülmüştür (50).

Üriner analiz, akut apandisit ön tanısı bulunan olgularda ayırıcı tanının yapılabilmesi açısından gereklidir. Renal kolikte izole mikroskopik hematüri veya pyelonefritte piyüri görülmesi akut apandisit tanısından uzaklaşılmasını sağlayabilir. Bununla birlikte akut apandisitte de steril piyüri veya hematüri görülebildiği de unutulmamalıdır (47).

Reprodüktif dönemdeki kadınlarda ektopik veya heterotopik gebelik olasılığının da göz önünde bulundurularak B-hCG değerine bakılması ve gebeliğin ekarte edilmesi gerekir.

2.8. Alvarado skorum sistemi

Alvarado skorum sistemi, fizik muayene bulguları ve laboratuvar değerlerinin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuştur. 1986 yılında Alfred Alvarado akut apandisit tanısıyla ameliyat ettiği 305 hastanın semptom ve laboratuvar bulgularını retrospektif olarak taradıktan sonra kendi adıyla tanınan bu skorum sistemini oluşturmuştur. Sağ alt kadranda hassasiyet ve lökositozun

puan değerleri, duyarlılıklarının yüksek olması nedeniyle 2; diğer parametrelerin puan değerleri ise 1 olarak belirlenerek toplam 10 puan üzerinden bir skorldama yapılmaktadır (51).

2.9. Akut apandisitte görüntüleme

Apandisit tanısında farklı modaliteler kullanılabilir. Bunların içerisinde en sık kullanılan ve şüpheli vakalarda tanıyı kolaylaştıran US ve BT'dir. Ancak görüntüleme yöntemi olmadan da öykü, fizik muayene ve laboratuvar testlerinin yardımıyla da operasyon yapılabilir.

2.9.1. Direkt grafi

1900'l yıllardan beri direkt grafi, gastrointestinal sistem hastalıklarının tanısında kullanılmaktadır ancak; akut apandisitte tanıya katkısı oldukça azdır. Akut apandisitte direkt grafide görülebilecek bulgular appendikolit veya nöbetçi anıdır. Apandikolitin tüm vakalarda %10-15 oranında gösterilebildiği, başka bir çalışmada ise %5-8 arasında görülebildiği bildirilmiştir (34, 52-54). Bu nedenle US ve BT'ye kıyasla direkt grafinin akut apandisit erken tanısında yararlılığı oldukça düşüktür.

2.9.2. Skopi

Akut apandisit tanısında BT'nin yaygınlaşmasından önce baryumlu görüntülemenin kullanımını savunan çalışmalar yapılmıştır. Baryumlu grafideki en önemli bulgu appendiksin vizualize edilememesidir. Diğer bulgular ise appendiksin tam dolmaması, duvar düzensizlikleri, çekum ve terminal ileumda kitle etkisidir (54,55). Bununla birlikte normal kişilerde de appendiks, %10 oranında vizualize edilememektedir. Perfore apandisitte ise baryum lümeni doldurup batin boşluğuna geçebilmektedir (34). Baryum kullanımı rahatsızlık verici bir durum olabilmesi ve tanısall doğruluğunun az olması nedeniyle günümüzde apandisit tanısında kullanılmamaktadır.

2.9.3. Ultrasonografi

Appendiks US'de ilk olarak 1981 tarihinde Deutsch ve Leopold tarafından görüntülenmiştir (56). Akut apandisit tanısında ucuz, tekrarlanabilen ve kolay ulaşılabilir bir yöntem olması nedeniyle ilk tercih edilen modalitedir. Bunun yanında; uygulayan kişiye bağımlı olması, gaz artefaktlarının değerlendirmeyi sınırlandırması, retroçekal yerleşimli appendiksin

değerlendirilememesi, abdominal obezitesi olan hastalarda değerlendirmenin zor olması gibi bazı dezavantajları da bulunmaktadır.

Ultrasonografinin akut apandisit tanısındaki sensitivitesi %75-90, spesifitesi %86-100, doğruluğu %87-96, pozitif prediktif değeri %91-94, negatif prediktif değeri ise %87-97 olarak bulunmuştur (57,58). Bu değerlerin geniş aralıklarda olması cihaz, hasta veya uygulayıcı kaynaklı etkenlerin var olması nedeniyledir.

Tanı için çekum tabanından çıkıp kör uçla sonlanan, peristaltizm göstermeyen ve komprese olmayan tübüler şekilli enflame apandiksin görülmesi, appendiks çapının en az 6 mm olması gereklidir (59). Appendiksin ultrasonografi ile tespit edildiği noktada ağrının lokalize edilmesi önemli bir bulgudur. Bunun dışında doppler US incelemede appendiks çevresinde halkasal vaskülerite artışının varlığı da tanıyı destekler. Appendikolit varlığında ise akustik gölgelenmeye neden olan ekojen bir yapı görülür. Perfore apandisitte ise appendiks duvarı lokal veya jeneralize olarak seçilemez (60). Gangrenöz apandisitte doppler US'de kanlanmada azalma görülmesi beklenir. Tanı kriterleri appendiksin görünümüyle ilgili olmasına rağmen akut apandisitteki ilk ve en belirgin bulgu çevre yağlı dokuda enflamatuar ekojenite artışlarının olmasıdır. Flegmon oluşumunda çevre yağlı doku içerisinde belirsiz sınırları hipoeoik alanlar görülür. Bu alan içerisinde gaza ait ekojenitelerin bulunması perforasyonu düşündürmelidir.

Doppler US inceleme gri-skala değerlendirmede normal ve enflame appendiks ayrımının net yapılamadığı olgularda yardımcı olabilir. Peristaltizm izlenmeyen, komprese olmayan ve duvar kalınlığı artmış bağırsak ansı çevresinde halkasal vaskülerite artışı izlenebilmektedir. Vasküleritedeki artış miktarı enflamasyonun şiddetini yansıtmaktadır (60,61).

2.9.4. Bilgisayarlı Tomografi

1972'de İngiliz Godfrey Hounsfield tarafından icat edilen BT'de ilk olarak kranyal görüntüleme, 1976'da ise tüm vücuda yönelik görüntüleme yapılmıştır. 1980'lerde ise BT kullanımının yaygınlaşmasıyla akut apandisit tanısında da yer edinmeye başlamıştır. Yapılan çalışmalarda sensitivitesi %90-100, spesifitesi %91-99, pozitif öngörü değeri %92-98, negatif öngörü değeri ise %95-100 olarak bulunmuştur (46, 64,65).

BT görüntülemenin akut apandisit tanısında etkinliğinin ve güvenilirliğinin yüksek olduğu kabul edilmekle birlikte en uygun teknik konusunda tartışmalar halen devam etmektedir

(67). Bu konuyla ilgili 3 temel yaklaşım bulunmaktadır. İlki, tüm batının opaksız olarak tarandığı protokoldür. Oral ve iv kontrast madde kullanılmaması ve hızlı olması gibi avantajları bulunmaktadır. Tanıdaki sensitivitesi %87, spesifitesi %97, pozitif prediktif değeri %94, negatif prediktif değeri ise %93 olarak bildirilmiştir (62, 63). İkincisi tüm batının iv ve oral kontrast madde kullanılarak taranmasıdır. Bu teknikle akut apandisitinin ayırıcı tanısına giren diğer sebepler de değerlendirilebilmektedir (68). Üçüncüsü ise rektal yoldan kontrast madde verilerek appendikse yönelik tarama yapılır. Oral kontrast maddenin ileoçekal valv seviyesine kadar ulaşması 45-60 dakika sürebilmekte olup rektal opak verilmesi hızlı görüntüleme imkanı sağlar. Değerlendirilemeyen bölgelerdeki tanıyı gösterememesi bu tetkikin sınırlılığıdır. Apandisit bulgusu olmayan durumlarda batının diğer bölümlerine yönelik ek çekim yapılması gerekmektedir (66).

Kesit kalınlığının ince olması apandisit tanısını kolaylaştırmaktadır. Yapılan çalışmalara göre 5 mm kesit kalınlığıyla yapılan değerlendirmenin 10 mm kesit kalınlığıyla yapılanla göre tanısal doğruluğunun belirgin daha yüksek olduğu bulunmuştur (69).

Akut apandisitinin erken döneminde appendiks minimal sıvı ile dolu, 5-6 mm çapında ve homojen mezenterik yağlı dokuyla çevrili şekilde görülebilmektedir. Normal appendiksten ayırt edilemeyen bu görünüme olguların %5'inde rastlanır. Duvar kalınlık artışı yüksek oranda görülmekte olup en iyi iv kontrastlı tetkikle gösterilir. Kalınlaşmış ve homojen kontrastlanan duvar hedef işareti görünümü oluşturabilir. Çevre yağlı dokuda enflamasyon da akut apandisit vakalarının çoğunda bulunur(66, 69). Mezenter yağlı dokuda kirlenme, komşu fasyada lokal kalınlaşma perfore olmayan apandisitinin bulguları olmakla birlikte mikropore olgularda da görülebilir. BT görüntülemesinde akut apandisitinin karakteristik bulguları appendikte çap artışı (sensitivitesi %93, spesifitesi %92), appendiks duvarında kalınlaşma (sensitivitesi %66, spesifitesi %96), periappendiküler yağlı dokuda kirlenme (sensitivitesi %87, spesifitesi %74), appendiks duvarında kontrastlanma (sensitivitesi %75, spesifitesi %85)'dir (67). Bu bulgular içerisinde kullanılması önerilen üç bulgu appendikte çap artışı, appendiks duvarında kalınlaşma ve periappendiküler yağlı dokuda kirlenmedir (67).

Perfore apandisitte periçekal flegmon veya abse formasyonu görünüme eşlik eder. Bu durumda görülebilen bulgular; ekstraluminal hava, ileoçekal duvarda kalınlık artışı, lokalize lenfadenopatiler ve ince bağırsak obstrüksiyonudur. BT tetkiki fragmente appendiks kalıntılarını

göstermede yararlıdır. Eğer appendiks seçilemezse appendikolit varlığı, periappendiküler flegmon veya abse varlığı ile tanı konulabilir.

BT tetkiki, çekiminin kolay ve hızlı olması, operatöre bağımlılığın olmaması, perfore apandisit değerlendirilmesinin daha kolay olması, US'de sınırlılığa neden olan gaz artefaktları veya abdominal obezite gibi durumlardan etkilenmemesi, multiplanar görüntü elde edilebilmesi, akut apandisit ayırıcı tanısına da olanak sağlaması gibi avantajlara sahiptir. Bu görüntülemenin dezavantajları ise radyasyon maruziyetine neden olması ve iv kontrast madde kullanımıdır.

2.9.5. Manyetik Rezonans Görüntüleme

MRG akut apandisit tanısında sık kullanılan bir yöntem değildir. Yüksek maliyet, uzun süreli tetkik ve hasta hareketlerinin oluşturabileceği artefaktlar gibi dezavantajları bulunmaktadır ancak son yıllarda daha kısa sürede elde olunan ve daha az hareket artefaktı içeren hızlı sekansların kullanıma girmesiyle MRG daha sık tercih edilmeye başlanmıştır. Avantajları iyonizan radyasyon maruziyeti oluşturmaması ve kontrast madde kullanımı gerektirmemesidir.

T2 ağırlıklı aksiyal ve koronal kesitler, akut apandisit tanısında T1 sekanslara göre daha üstündür. Appendiks, kalınlaşmış duvarın oluşturduğu, merkezinde hiperintens sıvı bulunan bir yapı olarak görülür. Ayrıca appendiks çevresinde de enflamasyon ve serbest sıvının neden olduğu hiperintens görünüm izlenir(70). Enflame appendiksin seçilemediği ancak çevresinde sıvı kolleksiyonları, flegmon ve periçekal enflamatuar görüldüğü durumlarda perfore apandisitten bahsedilebilir. Yağ baskılı sekanslar ise akut apandisit tanısında T1 ve T2 ağırlıklı sekanslara göre daha üstündür ancak; bu sekansların yağ baskısız sekanslara göre uzaysal çözünürlüğü daha azdır.

Yapılan bir çalışmada, gadolinyum kullanılarak yapılan yağ baskılı görüntülemelerde appendiks duvarının kontrast tutmaması durumunda apandisit bulgusunun olmadığı görülmüş olup bu tekniğin apandisit tanısında etkin olduğu bildirilmiştir (70).

US ile karşılaştırıldığında, MRG 'nin akut apandisit tanısındaki üstünlüğü, atipik yerleşimliler de dahil olmak üzere appendiksin tüm uzunluğunu gösterebilmesi ve obezitenin bir kısıtlılık olmamasıdır. Fakat US ve BT tetkiklerinde saptanabilen appendikolit, MRG tetkikinde lümen içi gazdan ayırt edilemeyebilir (71).

MRG'nin dezavantajları ise hareket artefaktları oluşabilmesi, klostrofobik hastalarda yapılamaması maliyetinin yüksek olması, normal appendiksi veya appendikolitleri gösteremeyebilmesidir.

2.10. Ayırıcı Tanı

Akut apandisitinin ayırıcı tanı listesi oldukça uzundur ancak akut karın ağrısıyla başvuran bir hastada ilk düşünülmesi gelen tanılardan birisi akut apandisitir. Sağ alt kadrana lokalize veya oraya yönelen tüm durumlar akut apandisitinin ayırıcı tanısına girmektedir. Akut apandisitinin semptomlarına benzemesi nedeniyle en sık karıştırılan nedenler akut mezenterik lenfadenit, organik patolojik bir durumun olmayışı, akut pelvik enflamatuvar hastalık, over kist torsiyonu, graf follikülü rüptürü ve akut gastroenteritlerdir (15). Hastanın yaşı ve cinsiyetine göre ayırıcı tanı listesindeki sıralamalar değişebilmektedir. Anamnez ve fizik muayene ile birlikte değerlendirildiğinde ayırıcı tanı listesi daralmaktadır. Örneğin gastroenteritin görülme sıklığı apandisite göre daha fazla olup karın ağrısından önce bulantı kusmanın başlaması ve ishalin en önemli belirti olması nedeniyle akla gelecek ilk tanı olmalıdır. Crohn hastalığı da apandisite benzer semptomlar gösterebilir ancak; iyi alınan bir anamnez ile ateş, kilo kaybı ve subakut ağrı gibi bulguları bulunduğu anlaşılan olguda akut apandisit tanısından uzaklaşılabilir. Orta ve ileri yaş grubu olgularda ayırıcı tanıda, peptik veya duodenal ülser, kolesistit, pankreatit gibi patolojiler de listeye dahil edilmelidir. Çekal divertikülit veya kitleler nadir görülmekle birlikte klinik ve patogeneze açısından akut apandisit ile benzer özellikler göstermekte olması nedeniyle karışabilir.

Apandisitinin yanlış tanısı en çok reproduktif çağıdaki kadınlarda görülmektedir. Özellikle jinekolojik problemler apandisit olarak algılanabilmekte ve bu hasta grubunda %15-40 oranında negatif appendektomi yapılabilmektedir. Salpenjitin tablosu akut apandisit ile benzerlik göstermektedir ancak; bu hastalarda şikayetlerin daha uzun süredir vardır ve serviks hareketleriyle beraber ağrı görülmesi tanıyı desteklemektedir. Rüptüre ovarian follikül de sağ alt kadrana lokalize ağrıya neden olabilmesi nedeniyle akut apandisit ile karışabilmektedir. Bu olgularda ağrının tekrarlayıcı olması, siklus ortasında ortaya çıkması ve diğer sistemlere ait belirtilerin olmaması tanıyı desteklemektedir. Diğer sistemlere ait belirtisi olmayan, mensle ilişkili semptomlar ise endometriozisi akla getirmelidir. Rüptüre ektopik gebelik de akut

apandisitinin ayırıcı tanısında yer almakta olup pozitif gebelik testi, pelvik muayenede ağrılı kitle ve kanamayla uyumlu hemodinamik değişiklikler tanıyı destekleyen bulgulardır.

2.11. Akut Apandisit Tedavisi

Akut apandisitte nonoperatif veya cerrahi tedavi uygulanmaktadır.

2.11.1. Nonoperatif Tedavi

Bazı araştırmalarda, apandisite bağlı peritonitin cerrahi müdahale yapılmadan önce antibiyotik tedavisi ile gerilediğini bildirmişlerdir (72,73). 471 hastanın dahil edildiği, 1956 yılında Coldrey tarafından yapılan bir çalışmada parenteral antibiyotik tedavisi sonrası rekürrens oranı %20, appendektomi gereksiniminin oranı ise %16 olarak bildirilmiştir (74). Günümüzde cerrahi dışı tedaviler perfore olan ve abse gelişen olgularda perkutan drenaj katateri yerleştirilerek de uygulanmaktadır. Yapılan çalışmalarda medikal tedavinin etkinliğinin cerrahi tedaviye yakın olduğu ancak; rekürrens oranlarının azımsanmayacak kadar olması nedeniyle yüksek riskli olgularda cerrahi tedavi yapılmasının daha doğru olduğu vurgulanmaktadır (72, 73, 75).

2.11.2. Cerrahi Tedavi

Akut apandisitte uygulanan cerrahi tedavi appendektomi olup akut, gangrenöz ve perfore apandisitli olgularda yapılmaktadır. Plastronun geliştiği durumlarda appendektomi ertelenir. İntraabdominal abse oluşmuş ise parenteral antibiyotik tedavisi operasyondan önce başlanmalıdır (76, 77). Appendektomi operasyonu günümüzde hem konvansiyonel hem de laparoskopik yaklaşımla yapılabilmektedir.

2.12. Ultrason Elastografi Hakkında Genel Bilgi

Radyolojide kullanılan konvansiyonel görüntüleme teknikleri ile incelenen dokunun ya da lezyonun morfolojik özellikleri ve kontrast tutulum karakteristikleri değerlendirilmektedir. Dokuların iç yapısını ortaya koymaya yönelik görüntüleme yöntemleri ise son yıllarda giderek daha fazla kullanılmaktadır. Bu görüntüleme teknikleri ile dokuların radyolojik incelemelerde sadece nasıl göründükleri değil aynı zamanda farklı uyaranlara verdikleri yanıtlar da

değerlendirilebilmektedir. Elastografi yönteminin prensibi, tıbbın en eski tanı yöntemlerinden biri olan ve bilinen en eski tarifi milattan önce 1552’ de yapılmış olan palpasyonun temel ilkelerine benzerdir. Palpasyonda parmaklar vücutta belli bir alanı kavrayarak iter ve yine parmaklardaki reseptörler farklı noktalardaki lokal stres seviyelerini tespit ederler. Bu stres seviyesi sert dokuda yüksek, yumuşak dokuda ise düşüktür (78). Elastografi dokunun uygulanan bir kuvvete karşı cevabını ve bu yolla elastikiyetini, sertliğini ölçen bir görüntüleme yöntemi olup kolay uygulanabilirliği ve ucuz olması, kısa zamanda yapılabilmesi ve zararlı etkisinin olmaması nedeniyle daha çok ultrasonografi (US) ile birlikte kullanılmaktadır. US elastografinin dokuları görüntülemeye kullanılabileceği ilk defa 1987 yılında tarif edilmiştir (79). US ile elastografinin birlikte kullanılması için US cihazlarına mekanik aksam ve yazılım eklenmesi gerekmektedir. US elastografide dokuların uygulanan dış kuvvete bağlı olarak yer değişimi ve deformasyonu ile birlikte kuvvet ortadan kalktıktan sonra eski haline dönme süreci görsel olarak izlenebilir. Dokulardan elde edilen sinyallerle elde edilen görüntülere "elastogram" denir. Dış kuvvet uygulanan dokuda ve çevresinde oluşan değişiklikler ultrasonografi ile ölçülerek incelenen dokuların elastik özelliklerini temsil eden kantitatif elastografi değerleri elde edilebilir (80).

Ultrason elastografinin ingilizce literatürde sık kullanılan kavramları "stiffness", "strain", "shearwave (SW)", "Acoustic Radiation Force Impulse Imaging (ARFI)", "Shear Wave Elastografi" ve "Transient Elastografi (TE)" dir. "Stiffness" bir dokunun sertliğini ve o dokunun dış kuvvete karşı pozisyonunu ve şeklini koruyabilme gücünü gösterir. "Strain" gerinim olarak ifade edilebilir ve bir dokunun aksial planda dışarıdan uygulanan kuvvet sonucu oluşan hareketini temsil eder (81). "Shear wave" kavramı yerine dilimizde "kayma dalgası" ifadesi kullanılabilir. Kayma dalgası, dokunun akustik radyasyon kuvveti ile uyarılmasından sonra uygulanan kuvvete dik planda dokunun laterale doğru hareket eden dalgalardır. "Acoustic Radiation Force Impulse Imaging (ARFI)" akustik radyasyon kuvveti impulsu ile dokuları uyarıp ortaya çıkan kayma dalgalarının hızını ölçen bir tekniktir. "Shear Wave Elastografi (SWE)" dokularda oluşan shear dalgalarının hızını ölçerek dokuların elastitesini kantitatif olarak ortaya koyan bir yöntemdir. "Transient Elastografi (TE)" ise daha çok karaciğerde kullanımı olan dokuları titreşimlerle uyararak oluşan kayma dalgalarının hızını ölçen bir tekniktir.

Ultrason elastografinin kullanıldığı ilk yıllarda manuel yolla dokulara kuvvet uygulanmış ve dokuların bu kuvvete verdikleri yanıt ölçülerek dokuların sertlikleri değerlendirilmiştir. Bu

nedenle US elastografinin ilk dönemlerinde sadece yüzeysel dokular incelenebilmiştir. Ancak ilerleyen yıllarda dokulara kuvvetin uygulanış biçimi ve dokuların bu kuvvete verdiği yanıtı ölçme konusunda farklı teknikler ortaya çıkmıştır. Ultrason elastografide uygulanan yeni teknikler bu görüntüleme yönteminin abdomende en sık karaciğer olmak üzere böbrek, pankreas, dalak, uterus ve prostat dokusunda kullanılmasını sağlamıştır.

2.13. US-Elastografi Fiziği

İnsan vücudundaki tüm dokular ele alındığında, içermiş oldukları farklı yapısal özelliklere rağmen hepsi viskoelastik bir yapıya sahiptir. Dışarıdan uygulanan yüklenmelere de bu visküz ya da elastik özelliklerden hangisi daha ağır basıyorsa ona göre cevap verirler. Özellikle visküz yapıya sahip olanlar, vücut içerisinde dışarıdan uygulanan bası etkisini dağıtıp azaltmak gibi çeşitli fonksiyonlar için özelleşmişlerdir. Elastik olanların vereceği cevap ise sahip oldukları esneklik katsayısı ile orantılı olarak değişmektedir (82).

Biçim değiştirmelerde maddeyi oluşturan atom ve moleküllerin yer değiştirmeleri söz konusudur. Katılardaki esnek biçim değiştirmeler sırasında atomlar arası bağlar kopmaz, yeni bağ oluşmaz, atomlar arası uzaklık değişir (82).

Biçim yüzeye uygulanan kuvvete stres, meydana getirdiği bağıl şekil değişikliğine gerinim (strain), bu iki nicelik arasındaki orana esneklik katsayısı denir. Esneklik katsayısı, en doğru şekilde Young tarafından ifade edildiğinden günümüzde Young' ın katsayısı (Young modülü) olarak da bilinmektedir.

$$\text{Gerinim (strain)} = \text{Stres} / \text{Esneklik katsayısı}$$

Özetle, çelik örneğinde olduğu gibi bir dokunun esneklik katsayısı ne kadar fazla olursa uygulanan stres karşısında o kadar az şekil değiştirecektir. Esneklik katsayısı az olan dokularda ise, şekil değişikliği (gerinim) daha fazla olacaktır ve bu şekil değişikliği stres ile doğru orantılı olarak artacaktır.

Esneklik katsayısı, incelenen dokunun şekil ve boyut özelliklerinden bağımsızdır. Dokunun mekanik özellikleri hakkında bilgi verir ve esneklikleri farklı olan dokular arasında kıyaslama imkânı sağlar. Bir kuvvet etkisi altında biçim değişimine uğrayan, ancak kuvvet ortadan kalktığında ilk biçimine tam dönebilen maddelere esnek (elastik), kuvvet etkisi altında

biçim değiştirmediği varsayılan maddelere ise katı (rijit) madde adı verilir. Kuvvet etkisi altında biçim değiştirdikten sonra ilk haline dönmeyen maddelere de plastik maddeler denir. Her katı madde için biçim değişikliğinin esnek olduğu bir sınır vardır. Aynı madde küçük kuvvetler etkisinde esnek şekil değişmelerine uğrarken, büyük kuvvetler etkisinde plastik şekil değişikliğine de uğrayabilir. Çubuk biçimli esnek bir cisimde çubuk doğrultusunda uygulanan kuvvet, kuvvetin meydana getirdiği boyca uzama ile doğru orantılıdır. Bu yasa Hooke Yasası olarak adlandırılır.

$$F/A = Y \times (\Delta L/L)$$

F: Uygulanan kuvvet

A: Kesit alanı

Y: Young modülü

ΔL : İlk ve son boy arasındaki farkı

L: Boy

Esnek şekil değişikliğinin uzama, hacimce değişme, makaslama gibi üç temel biçimi ve bu temel biçimlere indirgenebilen eğilme, bükülme gibi farklı türleri vardır. Burkulma ise, maddeye uygulanan güç sonucu meydana gelen biçim değiştirmesinin tüm etkilenen boydaki yüzdesel dağılımıdır. Burkulma miktarı, materyalin orijinal boyundaki değişimin ilk boyuna bölünmesi ile hesaplanır.

$$\text{Burkulma (e)} = \Delta L / L$$

Poisson Oranı

Blok biçimli bir madde F kuvveti yardımıyla bir doğrultuda uzatılırken, bu kuvvete dik doğrultularda sıkışmaya uğrar. Yükseklik (h) ve genişlikteki (w) bağıl değişmelerin ($\Delta h/h$ ve $\Delta w/w$), boyca değişme ile ilişkili olarak;

$$\Delta h/h = \Delta w/w = \sigma (\Delta L / L)$$

şeklinde yazılabileceği gösterilmiştir. Burada σ madde özelliğidir ve Poisson oranı olarak isimlendirilir.

Başka bir ifade ile Poisson gerilmesini bir cismin uzarken incilmesi olarak da tanımlayabiliriz. Bu tip gerilme, uzamaya göre ters yönde negatif bir gerilme biçimidir. Boy artarken cisim çapı azalmaktadır.

Sıkışma Esnekliği

Her tarafından bir basınç altında sıkıştırılmaya çalışılan bir maddenin hacmi bağıl olarak azalır ve hacim zorlanması ($\Delta V/V$) basınçla orantılıdır:

$$P = B(\Delta V/V)$$

P: Basınç

V: Hacim

ΔV : Hacimdeki değişiklik

B: Sıkışma esnekliği modülü (Bulk Modulus) Sıkışma esnekliği modülünün katılarda;

$$B = Y/(1-2\sigma)$$

olduğu gösterilmiştir. Sıkışma esnekliği modülünün (B) tersine ortamın sıkıştırılabilirliği denir. Katı maddelerin esnekliği genellikle Y ve B cinsinden belirtilir.

Eğilme ve bükülmeye ait esneklik şekil değişimleri de tanımlanabilmekte bunlara ait parametreler de Young modülü ve Poisson oranı cinsinden yazılabilmektedir (82).

Kayma Esnekliği

Katı cisimler üzerine birbirine paralel ancak zıt yönlerde bir kuvvet uygulanırsa cismin iç yapısında farklı yer değiştirme hareketleri oluşur. Kuvvet yönünde hareket meydana gelirken, zıt yönde madde içi moleküllerde ters yönde bir kaymaya karşı durma (kayma gerilimi) ortaya çıkacaktır.

Kübik bir blok cismin S alanlı üst yüzeyine teğet F kuvveti uygulandığında;

$\gamma = F / S$ oranına kayma gerilimi (shear stress) denir.

Kayma gerinimi (shear strain) ise;

$$\theta = \delta/L = (\sqrt{2} \Delta D)/L = 2 (\Delta D/D) \text{ şeklinde yazılmaktadır.}$$

Stres–gerinim ya da gerilim–gerinim (stress–strain) ilişkisi;

$\gamma = \mu.\theta$ şeklinde yazılabilir.

Kayma modülü (shear modulus, katılık (rijitlik) katsayısı);

$\mu = Y / 2(1 + \sigma)$ olarak ifade edilir.

Homojen ve izotropik maddelerin tüm esneklik özellikleri Y ve σ sabitleri cinsinden ifade edilebilmektedir. Biyolojik maddelerin yapıları viskoelastik, anizotropik ve sıkıştırılmaz olarak kabul edilebilir (82).

Sert dokular ya da esneklik modülü çevresine göre farklı olan dokular (meme ve prostat kanserinde kanser hücrelerinin oluşturduğu dokular) çevre dokulara göre uygulanan basıya daha az yer değiştirerek cevap verir. Elastografinin malignite tanısındaki kullanımı, işte bu esasa dayanmaktadır. Elastografi, uygulanan yineleyici bası etkisine karşı dokuların sertlik özelliklerine göre verdikleri esneyebilme yanıtını ölçen bir görüntüleme yöntemidir (83).

Dokuların esneme miktarları arasındaki farkı saptayabilmek için belli bir kuvvet ile o doku üzerine dik bir şekilde ve sürekli olarak bası uygulanır ve dokular bu bası etkisine sertlik derecelerine göre cevap verirler. Sert dokularda esneme ve gerinim miktarı daha az iken, yumuşak dokularda daha fazladır.

Ultrason elastisite görüntülemenin üç ana yöntemi vardır:

Elastografi, dokunun gerinim bilgisini elde etmek için kompresyon sırasında dokuda oluşan hareketin izlenmesi esasına dayanır (84).

Elastografi, manuel kompresyon yerine karotis pulsasyonu gibi fizyolojik olarak kompresyon oluşturan etkenlerin yardımı ile de elde edilebilir.

"Shear wave" elastografi, enine dalganın dokuya yayılımının izlenmesi ile elastik modulus oluşturan yeni bir elastografi yöntemidir (85). Operatör bağımsız ve tekrarlanabilir olması ve niceliksel bilgi sunması ile manuel yöntem ile yapılan diğer gerçek zamanlı elastografi yöntemlerinden ayrılır (86).

Manuel ya da fizyolojik kompresyon yöntemleri statik, sonoelastografi ve shear wave elastografi yöntemleri ise dinamik yöntemler olarak da sınıflandırılır.

Ultrasonografi dışında doku elastisitesini görüntülemek için kullanılan başka yöntemler de vardır. Bunların arasında en bilineni manyetik rezonans elastografidir (84).

2.14. US-Elastografi Teknikleri

Ultrason elastografi tekniklerindeki temel prensip, dokuya uygulanan bir dış kuvvet ile birlikte dokuda yer değişimi ve deformasyon oluşturma sonrası dokunun bu kuvvete verdiği yanıtın ve dokunun çevresinde oluşan değişikliklerin ölçülmesidir (85). Elastografide görüntü elde etmek ve ölçüm yapmak için kullanılan kuvvet manuel olarak operatör eli ve eksternal mekanik cihazla, fizyolojik hareketle ya da doğrudan ultrason probundan çıkan akustik dalgalar ile elde edilebilir. Dokuların bu kuvvete verdiği yanıt dokuların sertliklerine ve elastikiyetlerine göre değişir. Elde edilen veriler ile elastogramların oluşturulmasında dokuların elastisite verilerinin Young modülüne göre dağılımı kullanılır (86). Young modülü dış bası ile indüklenen dokunun longitudinal plandaki internal geriliminin sonografik olarak gösterilmesinde kullanılır. Bu yolla elde edilen elastogramlar çoğunlukla renkli olmakla birlikte siyah-beyaz ya da her ikisinin kombinasyonu şeklinde de US cihazı monitöründe gerçek zamanlı olarak izlenebilir. Yeni gelişmelerle birlikte ultrasonografide dokular sadece görsel olarak izlenmemekte aynı zamanda dokuların strain (gerinim) değerlerinin karşılaştırıldığı yarı-kantitatif yöntemler ile ARFI, SWE ve TE gibi shear dalgası yayılım hızı ölçümünün yapılabildiği ve doku sertliğinin yine shear dalgası hızını ölçerek kiloPascal (kPa) ile ifade edildiği SWE gibi kantitatif yöntemler kullanılmaktadır.

Ultrason elastografi teknikleri işlem esnasında kullanılan kuvvete (yarı-statik ve dinamik) ve sinyal elde etme biçimine göre değişir. Yarı-statik yöntemlerde bir prob ile dokular mekanik olarak uyarılır. Dinamik ultrason elastografi tekniklerinde ise doku başka bir kuvvete ihtiyaç olmaksızın probdan çıkan akustik dalgalarla uyarılır. Her iki yöntemde de dokuların bu dış uyarana verdikleri yanıt farklı yöntemlerle ölçülür. Genel olarak US elastografi teknikleri strain elastografi, ARFI, SWE ve transient elastografi (TE) olarak sınıflandırılır. Bu yöntemlerden strain elastografi yarı-statik diğerleri ise dinamik US elastografi yöntemleridir (87).

2.14.1. Yarı-Statik Yöntemler

Strain elastografi, yarı-statik ve yarı-kantitatif bir yöntemdir. Bu teknikte ilgilenilen alana proba kompresyon yapılır. Uygulanan kuvvete yanıt olarak ortaya çıkan doku deformasyonu ve yer değişimi görüntülenir ve dış kuvvet uygulanmadan önce ve uygulandıktan sonra dokunun lokalizasyonu belirlenerek dokunun hareketi hesaplanır. Bu teknikte strain ile ifade edilen dokunun uygulanan kuvvet yönünde kontrakte ya da ekspanse olmasıdır. Uygulanan kuvvet

ultrason probu ile vücut yüzeyine bası ve geri çekme şeklinde olur. Gerçek zamanlı görüntüleme ile dokunun prob ile bası (kompresyon) ve probun geri çekilmesi (dekompresyon) sırasındaki hareketi US monitöründe gri skala ve renkli elastogram olarak ayrı iki pencerede izlenebilir. Aynı zamanda uygulanan kompresyon ve dekompresyon dalgaları ultrasonografi cihazı monitöründe sinüzoidal dalga şeklinde izlenebilir. Strain değeri ölçülürken monitörde izlenen dekompresyon dalgasından ölçüm yapılması tercih edilir. Çünkü dekompresyon dalgası fazında dokuya dışarıdan kuvvet uygulanmaz. Bu faz dokuya uygulanan kompresyon sonrası dokunun eski haline dönme sürecini içerir ve dokunun uygulanan kuvvete kendi iç dinamikleri ile verdiği yanıtı gösterir. Bu nedenle dekompresyon fazında yapılan ölçümlerin dokunun elastisite özelliklerini kompresyon fazına göre daha iyi temsil ettiğine inanılır. Dokunun dış kuvvete bağlı deformasyonu ve yer değişimi dokunun sertliği ile ters orantılıdır.

Dokulara eksternal yolla mekanik aletler yardımı ya da serbest el tekniği ile prob basısı yapılarak kuvvet uygulanabilir (Şekil-1). Serbest elle yapılan elastografi tekniğinde elde edilen veriler gözlemci içi ve gözlemciler arası değerlerin anlamlı farklılık göstermediğini ortaya koymuştur. Strain elastografide dokuların fizyolojik hareketlerden (kalp atımı gibi) kaynaklanan internal kuvvetlere verdiği yanıt da ölçülebilir (Şekil-2).

Strain elastografide prekompresyon safhasında incelenen alandan gelen ekolar analiz edilir ve bu safhada görüntüyü oluşturan radyofrekans sinyalleri depolanır. Aynı işlem kompresyondan sonra da yapılır ve iki pencerede de elde edilen sinyaller karşılaştırılarak aradaki fark belirlenir. Bu aradaki fark dokunun yer değiştirmesidir. Daha sonra probdan uzaklığa bağlı olarak görüntüdeki her noktanın yer değişim değişikliklerinin hızı dijital veri şeklinde kaydedilir. Dokuların kompresyon ve dekompresyon fazında oluşan bu yer değişim hız değerleri strain değeri olarak adlandırılır ve elastogramda gösterilir. Strain değeri dokunun sadece yer değişimini değil aynı zamanda deforme olma derecesini de temsil eder. Sert dokular bir bütün halinde komprese edilebildiğinden yumuşak dokulara göre daha az deforme olurlar ve daha az yer değiştirirler. Sert dokuların içeriği yumuşak dokulara daha homojen olduğundan bu dokuları oluşturan komponentler de uygulanan kuvvete homojen bir yanıt verirler. Bu nedenle sert dokuların strain değerleri düşüktür. Yumuşak dokular uygulanan kuvvet sonrası sert dokulara göre daha fazla deforme olur ve yer değişikliğine uğrar. Yumuşak dokular bir sünger gibi komprese edildiğinden proba yakın alanlar uzak olanlardan daha fazla yer değişimine uğrar.

Strain elastografide elde edilen görüntülerde dokular strain özelliklerine göre renkli ya da gri skala görüntülerde kodlanırlar. Genellikle sert dokular mavi renkle yumuşak dokular kırmızı renkte ara sertlikteki dokularsa yeşil renkte izlenirler. Strain indeksi (Sİ) ise incelenen dokunun çevresindeki strain değerinin incelenen dokunun strain değerine oranıdır. Strain indeksinin hesaplanmasında karşılaştırılacak olan alana mümkün olduğunca o alanı temsil edecek büyüklükte bir inceleme alanı "region of interest" (ROI) yerleştirilir ve o alan ile aynı hizada olan referans dokudan ROI ile ölçüm yapılarak referans ROI' nin ilk ROI' ye oranı elde edilir. Sert dokuların Sİ değerleri yüksektir çünkü genellikle çevre dokulara göre daha az komprese edilebilir ve deforme olurlar. Farklı lezyonların elastisiteslerinin karşılaştırılmasında Sİ değeri ölçüt olarak alınır.

Strain elastografide incelenen alanın tümünde gerinim görüntülenmesi ve ölçümü yapılabilir. Strain elastografisinde görüntü kalitesini etkileyen parametreler pencere genişliği, prob bası hızı ve kuvvetidir. Bu teknikte görüntü gürültüsünü azaltmak için prob hareketi tek yönlü olacak şekilde dikkatli yapılmalı, palpasyon hızı dikkatli seçilmeli ve elastografi pencerelerinin boyutları incelenecek olan alana lokalize olacak şekilde belirlenmelidir. Prob basısı olabildiğince eşit aralıklı olmalıdır. Yavaş prob basısı hızlı basıya göre daha kaliteli görüntü sağlamaktadır. Strain elastografide dokuların elastisitesini daha iyi değerlendirmek için prob ile hedef arası <3-4 cm olmalı, karaciğer gibi homojen bir organ incelenmeli ve elastisitesi değerlendirilecek alan ile prob arasında büyük venler gibi bası dalgalarını absorbe edecek yapı bulunmamalıdır (87).

2.14.2. Dinamik Yöntemler

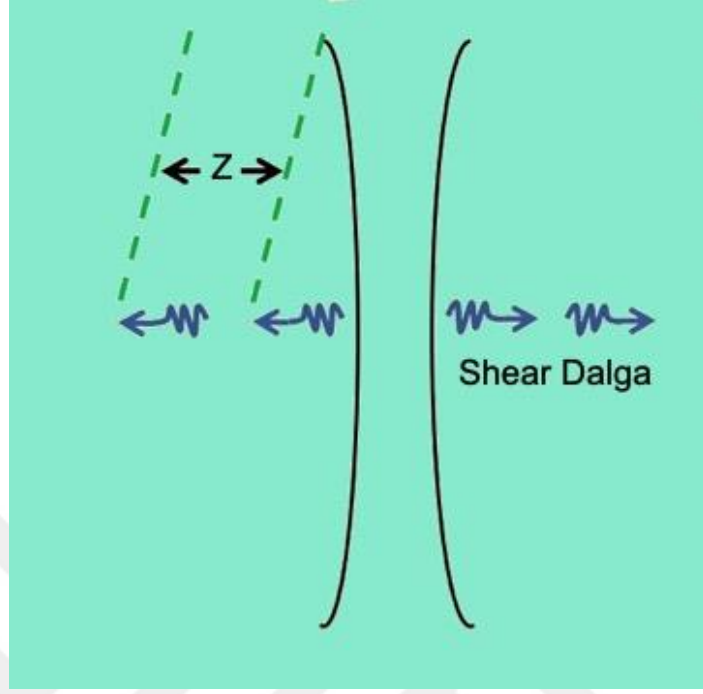
Dinamik elastografi yöntemleri de doku hareketini ölçerek veri elde eder ancak bu yöntemlerin farkı kuvvetin uygulanma biçimi ve dokuda oluşan yanıtı ölçme şeklidir. Dinamik US elastografide temel prensip dokuların akustik impulslar ya da titreşim dalgaları ile kuvvete maruz bırakılması ve dokulara uygulanan bu kuvvet sonucu oluşan SW hızlarının ölçülmesidir. Shear dalgaları ultrason dalgalarına benzer özelliklerde olup mekanik dalgalardır ve yumuşak dokularda yayılım gösterirler. Shear dalgaları aksial düzlemdeki kompresyon düzlemine dik olarak laterale doğru tıpkı suyun titreşimi ile oluşan dalgalar gibi hareket ederler. Bu hareket esnasında dokunun su dalgası gibi aşağı yukarı olan hareketi sonografik dalgalarla tespit edilir ve bu şekilde shear dalgalarının hızı ölçülebilir. Shear dalgaları dokular tarafından hızla

zayıflatılırlar ve düşük viskoziteli sıvılarda yayılım göstermezler. Çünkü shear dalgalarının hızları (1-10 m/sn) sonografik dalgalardan (1540 m/sn) düşüktür ve yayılım için elastik bir ortama ihtiyaç duyarlar. Ultrason elastografide shear dalgaları US dalgaları ile oluşturulur ve yine US ile hızları ölçülür. Shear wave hızlarının ölçümü ile dokular kalitatif olarak siyah- beyaz ya da renkli haritada görsel olarak değerlendirilebilir. Aynı zamanda farklı dokularda oluşan SW hızları karşılaştırılarak dokular birbirinden ayırt edilebilir (87).

2.14.2.1. ARFI Tekniği

Akustik radyasyon kuvveti bir ortamda akustik dalgaların yayılımı ile ilişkilidir. ARFI tekniğinde, US probu ile oluşturulan kısa süreli (0,03-0,4 msn) ve yüksek enerjili akustik pulslar ROI ile belirlenen dokuda lokalize çok küçük boyutta yer değişikliğine (1-20 μ m) neden olur. Bu yer değişikliği hareketi sonucu shear dalgaları oluşur ve bu dalgalar US cihazı tarafından ultrason korelasyon yöntemi ile tespit edilir (Şekil-1). ARFI tekniği ile shear dalgalarının hızları ölçülmeden sadece akustik radyasyon kuvveti impulsu ile dokularda oluşan yer değişiklikleri ölçülerek kalitatif görüntüler elde edilebilir. ARFI görüntülemeye siyah-beyaz görüntülerde yumuşak dokular parlak renkte görülürken sert dokular siyah renkte izlenir.

Kantitatif değerlendirmede ise doku sertliği arttıkça SW hızı artar. ARFI tekniğinde shear dalgaları hızının ölçümü 1x0,5 cm boyutlarında dikdörtgen bir kutucukta yapılır. Shear dalgalarının hızları m/sn ile ifade edilir ve doku elastisitesinin kareköküne eşdeğerdir (87).



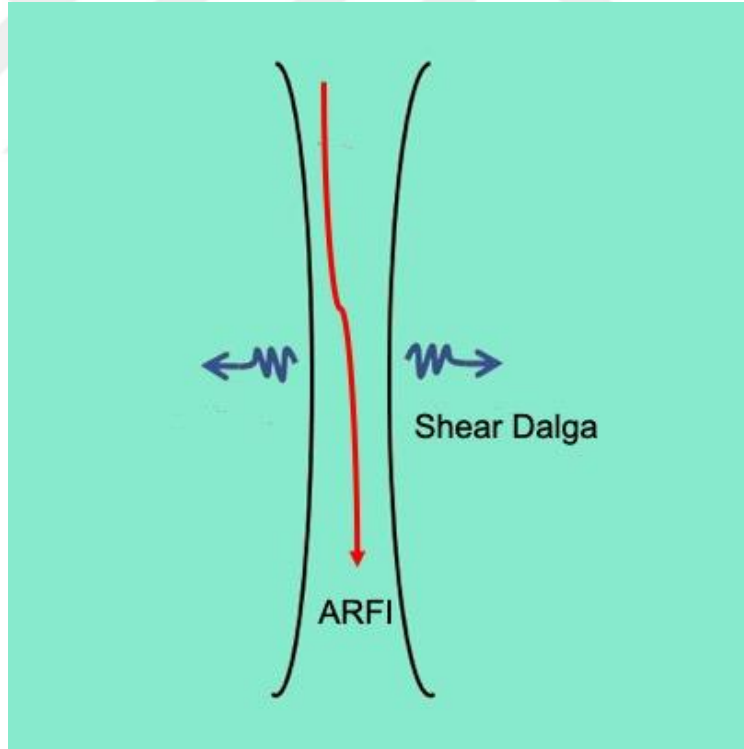
Şekil-1: ARFI dalgasına ikincil oluşan shear dalgasının belirli bir zaman içerisinde (Z) bulunduğu farklı konumu yakalayıp zaman temelinden hız değerine ulaşılmaktadır. Hız değeri elde edildiğinde Young modülü formülü ile dokunun sertlik değeri de hesaplanabilir (88).

2.14.2.2. Transient Elastografi

Transient Elastografi tekniği de dinamik bir yöntemdir. Karaciğerin değerlendirilmesinde kullanılmaya başlanan ilk ultrason temelli elastografi yöntemidir. Hasta supin pozisyonunda yatar ve karaciğer interkostal aralıklardan değerlendirilir. Shear dalgalarından yararlanır. Shear dalgalarının doku içindeki hızı dokunun sertliğine bağlıdır. Doku sertleştikçe shear dalgalarının hızı artar. Tekniğin avantajı gözlemci içi ve gözlemciler arası farklılığın minimal olmasıdır. Ancak TE tekniğinde görüntü elde edilemez bu nedenle de fokal karaciğer lezyonlarının incelemesinde kullanılamaz. TE yönteminin obezlerde kullanımı sınırlı olup obezite arttıkça yöntemin güvenilirliği azalmaktadır. TE perihepatik sıvı varlığında kullanılamaz (87).

2.14.2.3. “Point shear wave” elastografi

ARFI dalgası dokuya uygulandığında aynı anda bu dalgaya yatay düzlemde shear dalgalar da oluşturulmuş olur. “pSWE” ile tek ARFI paketi ile fokal bir bölgede örnekleme yapılır (Şekil-2). Doku içine ROI yerleştirildiğinde, ölçümleme kutucuğunun her iki kenar noktaları arasında shear dalgaların doku içinde yatay düzlemde hareket hızı ölçülebilir. İlk kez Nightingale tarafından geliştirilen bu yöntemde transient elastografide olduğu gibi renkli harita olmadan sadece kantitatif veri elde edilir. Örnekleme sırasında hasta bağımlı doku hareketi ya da uygulayıcı bağımlı hareket, ölçümün başarısız olma olasılığını artırır. Transient elastografiden farklı olarak bu yöntemde gri skala inceleme kılavuzluğunda ölçüm yapılmaktadır. Konveks prob ile 8 cm derinliğe kadar ölçüm gerçekleştirilebilir ve karın içi assit varlığı ölçümün güvenilirliğini değiştirmez. Obez hastalarda ve dar interkostal aralığı olan hastalarda abdomene yönelik ölçümler için başarısız ölçüm oranı yüksektir (88).

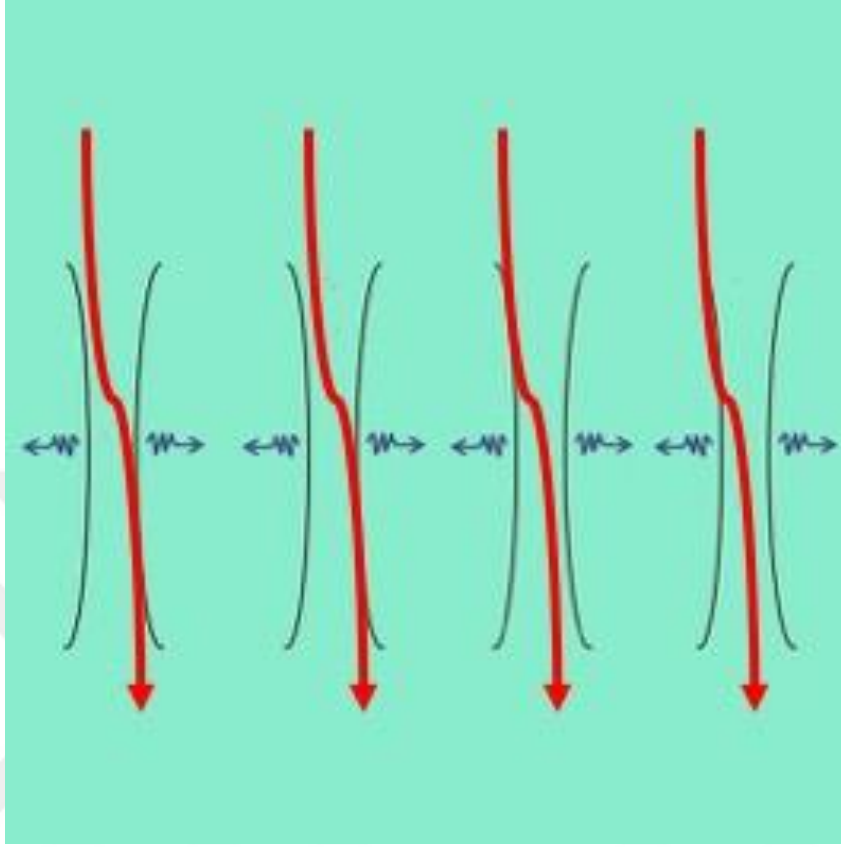


Şekil-2: “Point shear wave (pSW)” yöntemi için örneklenecek bölgeye gönderilen ARFI ses dalgası tek paket olarak uygulanır ve uygulandığı bölgede geliş yönüne dik shear dalgaları oluşturur. Elastografi değer için tek ölçüm kutusu kullanılır (88).

2.14.2.4. Shear Dalga Hız Görüntüleme

“2D (iki boyutlu) shear wave” elastografi (2D-SWE) ve “3D (üç boyutlu) shear wave” elastografi (3D-SWE) eşzamanlı doku içine çoklu ARFI dalgası uygulanması ve buna bağlı oluşturulan çok sayıda shear dalga hız ölçümü ile elde edilen görüntüleme yöntemidir (Şekil-3). 2D-SWE’de doku içine pSWE’de kullanılan ROI’ye kıyasla daha büyük bir ROI yerleştirilir. ROI içinde renkli elastografi haritası da ticari firmaya bağlı olarak elde edilebilmektedir. Elastografi görüntü üzerinde çok sayıda noktadan, shear dalga hız ölçümü gerçekleştirilir. 3D-SWE ile tek bir ticari firmanın (SuperSonic Imagine Aixplorer™) sunduğu cihaz üzerinde gerçek zamanlı, 2D-SWE’ye benzer, kantitatif ölçüm imkânı sunan elastografi incelemeye olanak sağlamaktadır.

2D-SWE görüntülemeye; Canon, Philips ve Mindray firmalarının kullandığı teknoloji temelinde Siemens firmasının kullandığı teknoloji ile benzerdir. Mindray firmasının kullandığı teknolojide, birbirine oldukça paralel yönlendirilen ARFI dalgaları ile 4 cm genişlikte bir alanda saniyede 1000’den fazla ölçüm yaparak shear dalga ölçümünü gerçekleştirir. Philips firması benzer teknolojiyi kullanır, alan genişliği 5-7 cm arasındadır ve 0,4 – 20 MHz arasında frekansa sahip prob lar ile görüntüleme imkânı sunar. GE firması öncekilerden farklı olarak “comb push” adı verilen teknolojiyi kullanır. Bu teknoloji ile eş zamanlı dokuya iletilen çok sayıdaki ARFI dalgası ve buna bağlı oluşan farklı yönlerdeki shear dalgaların ölçüm noktasına ulaşma sürelerini ayrı ayrı hesaplar ve Fourier analiz ile verileri işler. Bu sayede büyük 2D-SWE ROI’ye ait verileri 100 msn sürede oluşturur (88).



Şekil-3: “2D shear wave” yönteminde hedeflenen alan için seçilen ROI içerisine çoklu ARFI uygulaması yapılır (88).

2.15. US-Elastografide görüntü kalitesini etkileyen faktörler

2.15.1. Transduserin vibrasyon hızı

Çoğu US cihazında elastogram elde etmek için dışarıdan prob ile bası yapmak gerekir. Basının frekansı görüntü oluşumunu etkiler. En iyi görüntü kalitesinin 80 ila 120 vuru/dak hız ile uygulanan elastogramlar ile elde olunduğu bildirilmiştir. 40 vuru/dak' nın altındaki ve 160 vuru/dak' nın üstündeki vuru hızları elastogram kalitesini olumsuz etkilemektedir. Prob hareketi dışında, uygulanan basının şiddeti de önemlidir. Çünkü yüzeysel dokulardan sağlanan gerinimin aynı şekilde daha derin yerleşimli dokulardan da elde edilmesi gerekmektedir. Dokuda oluşturulan gerinim şiddetini gösteren elastografi yazılımları yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Gerinim belirteci ile bir skala oluşturulmakta ve optimum elastogram için skalada belirli düzeyin üzerindeki gerinim ile elde edilenlerin değerlendirilmesi önerilmektedir (87).

2.15.2. İlgi alanı (Region of Interest, ROI)

Elastografi ile incelenmek istenen alandır. Elastografi dokuların gerinim miktarları arasındaki oranı tespit ettiğinden, ilgi alanında patolojik dokunun yanı sıra normal doku da bulunmalıdır. En iyi görüntü kalitesini elde edebilmek için lezyonun ilgi alanının merkezinde olacak şekilde yerleştirilmesi ve incelenmek istenen alanın en az %50' sini kaplaması gerekmektedir. %10-20 kapsama miktarı ile elastogram ilgi alanı olan dokudan çok daha derinde yerleşmiş dokuların gerinim değerlerinden etkilenecek ve dağılım artefaktı ortaya çıkacaktır. İlgi alanı olan doku sertleştikçe gerinim oranı ilgi alanının boyutlarından daha az etkilenecektir. Elastik kontrast, elastografi yazılımının kullandığı bazı parametreler (dinamik dağılım, süreklilik gibi) ve çeviricinin frekansının doku derinliğine göre seçilmesi elastografi kalitesini etkileyen diğer faktörler olarak sayılabilir (87).

2.15.3. Çerçeve (frame) hızı

Özilinti için gönderilen sinyallerin hangi sıklıkta toplandığını ifade etmektedir. İlgi alanının genişlik ve derinliğine uygun değer seçilmelidir. Derin ve daha büyük örnekler için 613 çerçeve/s, daha yüzeysel ve küçük dokular için 7-16 çerçeve/s arasında değerler seçilmelidir. Çerçeve hızı, görüntü kalitesini probun hareket hızı ile birlikte etkilemektedir. Prob daha yavaş hareket ettirildiğinde, gerçek zamanlı elastogram yapabilmek için daha düşük çerçeve hızı değerleri kullanılmalıdır (87).

2.16. Ultrason Elastografi Tüm Vücut Kullanım Alanları:

Elastografinin meme ve prostat kanserini göstermedeki yüksek duyarlılığı deneysel ortamda ve çeşitli klinik çalışmalarda gösterilmiştir. Elastografi; günümüzde meme, prostat, tiroid, lenf nodu, pankreas, karaciğer gibi yapıların görüntülenmesinde kliniklerde kullanılmaya başlanmıştır.

Karaciğer: Abdominal organların kalitatif ve kantitatif US elastografi yöntemleri ile değerlendirilmesinde en fazla çalışma karaciğerde yapılmış ve en güvenilir sonuçlar karaciğerde elde edilmiştir. Hem diffüz parankimal hastalıklarda hem de fokal karaciğer lezyonlarında çalışmalar yapılmıştır.

Diffüz parankimal hastalıklarda başlıca fibrozis ve steatoz değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Karaciğer fibrozisinin erken tanısı hastalığın prognozu, izlemi ve tedavisi açısından önemlidir. Karaciğer biyopsisi fibrozisin değerlendirilmesinde altın standart olarak kabul edilse de invazif bir yöntem olması, kanama gibi olası komplikasyonların varlığı, biyopsi materyalinin değerlendirilmesinde gözlemci içi ve gözlemciler arası farklılıklar olması gibi dezavantajları bulunmaktadır. Karaciğer fibrozisinin değerlendirilmesinde TE, ARFI ve SW elastografi teknikleri kullanılır. Karaciğer fibrozisinin değerlendirilmesinde en çok TE tekniği kullanılır. Yapılan çalışmaların vardığı genel sonuç TE ile karaciğer fibrozisinin tüm evrelerinin birbirinden ayırt edilemediği ancak tedavi sürecinde asıl etkin olan nonfibrozis ya da hafif fibrozisi şiddetli fibrozis ya da sirozdan ayırt etmede TE tekniğinin faydalı olduğudur.

Steatoz karaciğerde shear dalgası hızını etkilemez ancak shear dalgalarını zayıflatır. Alkole bağlı olmayan steatohepatitte TE ile karaciğer sertlik ölçümlerinin değişmediği bildirilmiştir. Karaciğerde fibrozis şiddeti ve dolayısıyla parankim sertliği arttıkça shear dalgası hızı da artar. Genel olarak ARFI ve transient elastografi ile elde edilen değerlerin karaciğer fibrozisi derecesi ile korele olduğu tespit edilmiştir. Aynı korelasyon karaciğer yağlanması ile ARFI' deki SW hızları arasında bulunamamıştır.

Fokal karaciğer lezyonlarının normal parankimden ve birbirlerinden ayırt edilmesinde US elastografi kullanılabilmektedir. Strain elastografi ile yapılan bir çalışmada karaciğerin malign lezyonlarının parankime göre Sİ değerleri benign lezyonlardan anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte malign ve benign karaciğer lezyonlarının Sİ değerleri arasında çakışma mevcuttur. Strain elastografide hemanjiomların Sİ değeri diğer fokal karaciğer lezyonlarından anlamlı olarak düşük bulunmuştur. Malign karaciğer lezyonlarının alt tiplerinin (hepatoselüler karsinom, metastaz, kolanjiokarsinom) Sİ değerleri ise birbirlerinden anlamlı farklılık göstermemektedir. ARFI tekniği ile shear dalgası hızları ölçülerek yapılan çalışmalarda malign karaciğer lezyonların shear dalgası hızları normal parankimden ve benign lezyonlardan daha yüksek bulunmuştur.

Safra Kesesi: Safra kesesinde duvar kalınlaşması ile ilgili ARFI tekniği ile yapılan çalışmada shear dalgası hızı ölçülerek safra kesesi malignansilerinin benign safra kesesi duvar kalınlaşmasından ayırt edilebileceği bildirilmiştir.

Dalak: Ultrason elastografinin dalakta kullanılma amacı karaciğer fibrozisine sekonder dalakta oluşan değişiklikleri tespit etmek ve bu yolla karaciğer hastalığının şiddetini tahmin etmektir. Transient elastografi ile dalağın incelenmesinde dalak sertlik değerleri karaciğerin TE ile incelenmesinde elde edilen sertlik değerlerine göre portal basınç değerleri ile daha korele bulunmuştur.

Böbrek: Böbreklerde yer alan kitle lezyonlarının sınırlarının ultrason elastografi görüntülerinde B-mod görüntülere göre daha iyi belirlendiği bildirilmiştir. Strain elastografi incelemelerinde böbreklerin malign kitlelerinin strain değeri normal parankime göre daha azdır. Böbreklerde yer alan anjiomyolipomların (AML) renal hücreli karsinomlardan (RCC) US elastografi ile ayırt edilebileceği bildirilmiş olup Sİ değerleri AML için 0.15-0.18, RCC için ise 0.63-0.64 değerlerinde ölçülmüştür.

Pankreas: Pankreasın benign ve malign kitlelerinin değerlendirilmesinde endoskopik US elastografi yüksek duyarlılık, özgüllük ve yeterlilik oranları ile kullanılır. Pankreas kitlelerinde pankreas kanserleri ile kitle görünümlü pankreatiti ayırt etmek önemlidir. Solid pankreatik kitlelerin Sİ değerlerine göre karşılaştırıldığı bir çalışmada pankreas kanserlerinin Sİ değeri enflamatuar pankreas kitlelerine göre fazla bulunmuş olup strain elastografinin pankreas malignitesi saptamada duyarlılığı %100, özgüllüğü %92.8 bulunmuştur. Pankreas kanserlerinin shear dalgası hızları ARFI incelemelerinde normal parankime göre yüksektir.

Prostat: Prostat kanserinin tanısında US elastografinin tanısal etkinliğini arttırmaktadır. Prostatın endorektal US elastografi ile değerlendirilmesinde strain görüntüleme ve SWE kullanılır. Prostat kanseri tanısında US elastografinin duyarlılığı %68-86, özgüllüğü %72-81 ve yeterliliği %76 bulunmuştur. Endorektal US' nin prostat kanseri saptanmasındaki duyarlılığı %50'dir. Benign prostat hiperplazisi (BPH) olan hastalarda prostat periferel zon elastografide homojen ve yumuşak izlenirken santral zon ise sert görünümündedir. Benign prostat hiperplazisi US elastografide normal prostat parankimine göre daha sert, prostat kanserine göre ise daha yumuşak özellikte izlenir ancak prostat kanseri ile BPH sadece görüntü özelliklerine göre birbirinden ayırt edilemez. Prostat kanserleri ile kronik prostatitlerin ayırtilmesinde US elastografinin verileri bu iki hastalığı ayırt edici değildir.

Uterus: Uterusun fokal lezyonları transvajinal proba yapılan elastografi ile değerlendirilebilir. Strain elastografi ile myomlar myometriuma göre daha koyu renkte (daha

sert) adenomyozisler ise daha parlak (daha yumuşak) izlenir. Ultrason elastografinin uterusla ilgili kullanıldığı diğer alan serviks yumuşaklığının ölçülmesidir. Serviksteki yumuşama servikal dilatasyonun öncülüdür ve elastografi ile servikste yumuşamanın belirlenmesi erken servikal dilatasyonun dolayısıyla preterm doğumun habercisi olabilir. Konveks proba yapılan US elastografi tekniklerinde adneksiyal lezyonların elastik özellikleri kalitatif ve kantitatif olarak değerlendirilebilir ve komşu dokularla karşılaştırılabilir. Gerçek zamanlı elastografi ile servikste yapılan çalışmalarda renk kodlaması ile serviks tümörlerinin normal serviksten ayrılabilirdiği ancak karsinoma in situ'nun normal serviksten ayrılamadığı bildirilmiştir.

Barsaklar: Ultrason elastografi barsakların enflamatuvar ve fibrotik hastalıklarında da kullanılabilmektedir. Enflame barsak anslarında elastisitenin azaldığı ve ARFI incelemelerde shear dalgası hızlarının arttığı bildirilmiştir.

Tiroid: Ultrason elastografi tiroid patolojilerinde daha çok benign ve malign nodüllerin ayırt edilmesinde kullanılmaktadır. Hamidi ve arkadaşlarının ARFI tekniği ile yaptıkları bir çalışmada ortalama shear dalga hızı malign nodüllerde benign nodüllere göre anlamlı derecede yüksek bulmuşlardır. Ayrıca Fa-Jin Dong ve arkadaşları yaptıkları bir meta-analizde ARFI tekniğinin benign ve malign nodul ayırıcı tanısında yararlı ve kullanışlı olduğunu belirtmişlerdir.

Meme: Ultrason elastografi memede normal meme dokusunun değerlendirilmesinde, malign ve benign kitlelerin ayırıcı tanısında kullanılmaktadır. Wojcinski ve arkadaşlarının ARFI tekniğini kullandıkları bir çalışmada memede yağ dokusu ve parankim dokusu arasında, ayrıca benign ve malign kitleler arasında shear dalga hızları arasında anlamlı farklılık bulmuşlardır. Tozaki ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada ise shear dalga hızının malign kitlelerde benign kitlelere göre anlamlı yüksek olduğu belirtilmiştir.

Kas: Ultrason elastografi kas dokusu patolojilerinde kullanılabilmektedir. Yavuz ve arkadaşlarının yaptıkları bir çalışmada izometrik kontraksiyonlar ve shear dalga hızları arasında anlamlı ilişki bulmuşlardır. Badea ve arkadaşlarının sağlıklı bireyler ve radyoterapi alan hastalarda masseter kası üzerinde yaptıkları çalışmada shear dalga hızları arasında anlamlı farklılık bulmamış fakat daha geniş popülasyonlar üzerinde yapılacak çalışmaların faydalı olabileceğini belirtmişlerdir.

Testis: Ultrason elastografi testiste daha çok testiküler lezyonlarda kullanılmaktadır. Aigner ve arkadaşlarının real-time sonoelastografi ile yaptıkları çalışmada neoplastik testiküler

lezyonlarda sertliğin arttığını, orşit ve parsiyel enfarktta ise dokunun yumuşadığını belirtmişlerdir. Anastasi ve arkadaşlarının ARFI tekniği ile testiküler patolojisi bulunmayan 23 gönüllü üzerinde yaptıkları çalışmada düşük volüm ile shear dalga hızı arasında anlamlı ilişki bulmuşlardır. Yine aynı çalışmada ileri yaş ile shear dalga hızı arasında pozitif korelasyon bulunmuş ve neden olarak artmış doku sertliği düşünülmüştür (87).

2.17. Elastografide Artefaktlar

2.17.1. Strain elastografi artefaktları

Uygulanan mekanik kuvvetin homojen olmaması nedeniyle hem renkli harita hem de gri-skala parlaklık yöntemiyle elde edilen görüntüler çevresel faktörlere duyarlıdır. Cilt yüzeyi ve prob teması nedeniyle oluşan yüzey problemi bol sonografik jel kullanılarak giderilebilir.

Sert bir doku ile komşuluk gösteren elastik doku içinde, sert doku ile temas köşelerine uyan dört yöne uzanan, olduğundan daha sert değerlerde renk kodlaması olur. Buna Malta haçı artefaktı adı verilmiştir. Buna benzer şekilde dokuların dış kenarlarında kenar güçlenmesi (“edge enhancement”) oluşur. Kaygan sınır özelliği olan dokularda, doku genelinden farklı olarak heterojen kenar elastisite özelliği izlenir ve bu durum dokunun kenarlarında santraline göre daha sert değerlerde renk kodlanmasına neden olur. Sert bir kabuk ile çevrili santrali elastik lezyonların santralinde yer alan dokunun değerlendirilmesi pek mümkün olmaz. Bu durum yumurta kabuğu (“egg shell”) etkisi olarak isimlendirilir ve gri-skala US incelemede periferi kalsifik lezyonların değerlendirme güçlüğüne eşdeğeridir. Kompresyon altında (örn: şiddetli palpasyon) dokular içinde yer alan kistler kollabe olur. Kollaps sonrası kistin periferinde düşük sertlik değeri gösteren renk kodlaması santralde ise strain elastografi görüntülerde gürültüyü işaret eden karışık renk kodlaması oluşur. Bu etkiye ise hedef (“target”) veya öküz gözü (“bull’s-eye”) görünümü ismi verilmektedir. Strain elastografi sırasında artefaktların azaltılması için özen gösterilmesi gereken durumlar aşağıda özetlenmiştir;

1. Hedef doku ile prob arası mesafenin kısa olmasından kaçınılarak, bölgeyi santralize eden ve tam kapatan prob tercih edilmelidir.

2. Çok yakın alanda homojen doku yapısı olan çevre organlardan (örn; karaciğer) kaçınılmalıdır.

3. Kayma hareketi olan bölgelerin değerlendirme alanı dışında kalmasına dikkat edilmelidir.

4. Doku kenarlarının ve komşu organ geçişlerinin inceleme alanı dışında kalmasına dikkat edilmelidir.

5. Büyük vasküler yapılar gibi dış güç aktarımını ve oluşacak deformiteyi azaltan komşu yapılar inceleme alanı dışında bırakılmalıdır.

6. Aynı anda çok fazla hedef doku inceleme alanında olmamalıdır (88).

2.17.2. Shear dalga elastografi artefaktları

Strain elastografiye göre artefaktlar daha azdır ve daha iyi uzaysal çözünürlüğe sahiptir. Görüntüleme alanındaki kayma hareketi olan yüzeylerden daha az etkilenir. Literatürde birkaç özel durum tanımlanmıştır; ARFI görüntüleme ile elde edilen gri skala renk haritasında, kistler oldukça parlak ve siyah bir halo ile çevrili olarak izlenirler. Kistin ön duvarında parlaklık arka duvara oranla fazladır. pSWE yönteminde yanlış ve başarısız ölçümlerden kaçınmak için organ kapsülünden en az 2-3 cm uzakta ölçüm yapılması önerilmektedir. Yumuşak dokular viskoelastik yapıda mekanik gücün şiddeti ile non-lineer yanıt gösteren heterojen yapılardır. Sağlıklı doku ya da lezyon içindeki visköz bileşen oranı arttığında non-lineer yanıt artar ve buna bağlı olarak dokunun elastisitesi, doku içinde shear dalga iletim hızı ve oluşan shear dalga frekansı değişir. Bu fenomen dispersiyon olarak isimlendirilir. En önemli etkisi, visköz bileşenden zengin dokuların farklı firmaların ürettiği cihazlar ile shear dalga ölçüm hızları, visköz olmayan dokulara göre daha büyük oranda sapma ve farklılık gösterir. Yapılan çalışmalarda, meme ve prostat dokusuna prob ile dokuya uygulanan mekanik kompresyon şiddeti arttırıldığında shear dalga hızlarının da arttığı gösterilmiştir. Shear dalga ölçüm yöntemlerinin tümünde prob ile dokuya kompresyon yapılmamasına özen gösterilmelidir. Karaciğerde portal hipertansiyonlu hastalarda shear dalga hızının arttığı gösterilmiştir, bu da karaciğer dokusunun non-lineer özelliğini yansıtmaktadır. BI-RADS 5 meme lezyonlarında olduğu gibi, içinde çok sayıda yapısal arayüz taşıyan çok sert lezyonların santralinde yumuşak merkez (“soft-center”) artefaktı oluşur. Gri skala US incelemede bu arayüzlerin gösterilmesi bu artefaktın yorumlanmasında uygulayıcıya yardımcı olur (88).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1.Hasta Grubu

Çalışmamız ileriye dönük olarak planlanmış olup Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi, Acil Tıp Anabilim Dalı Erişkin Acil Servisi ve Pediatri Anabilim Dalı Çocuk Acil Servisi'ne 01.08.2018-01.05.2019 tarihleri arasında başvuran hastalar dahil edilmiştir. Karın ağrısı şikayeti nedeniyle başvuran hastalarda fizik muayene ve laboratuvar verilerinin değerlendirilmesi sonrasında akut apandisit ön tanısı bulunanlara (n=156) öncelikle tüm abdomen US incelemesi yapılmıştır. Bu grup içerisinde appendiksi gri skala US'de değerlendirilebilen 84'ünde gerekli bilgilendirilmenin yapılması ve aydınlatılmış onamın alınması sonrasında SWE US tekniği ile appendiks elastisitesi ölçülmüştür. Bu hastaların 36'sı opere edilmiş olup, akut apandisit tanısını patolojik olarak da almıştır. Hem rutin abdominal US incelemesi hem de shear-wave elastografi (SWE) incelemesi Radyoloji Anabilim Dalı'nda tarafımızca yapılmıştır. Çalışma öncesinde etik kurul onayı Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Tıp Fakültesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'nun 12.07.2018 tarih ve 11/IV sayılı kararı ile alınmıştır.

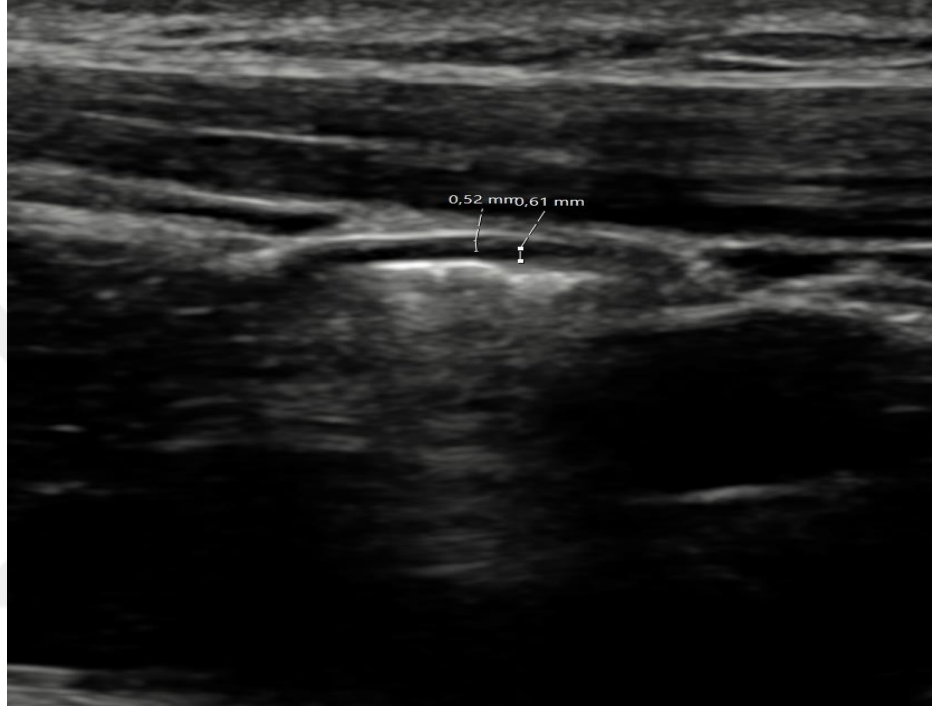
3.2. Kontrol Grubu

Akut apandisit ön tanısı ile bir günlük takip sürecinde ağrı semptomu gerileyen ve operasyon planı iptal edilen olgular ile sağlıklı gönüllüler kontrol grubuna dahil edilmiştir (n=48). Vücut kitle indeksi > 25 olan obez hastalar, SWE ölçümü için kooperasyon sağlayamayanlar çalışma dışı bırakılmıştır.

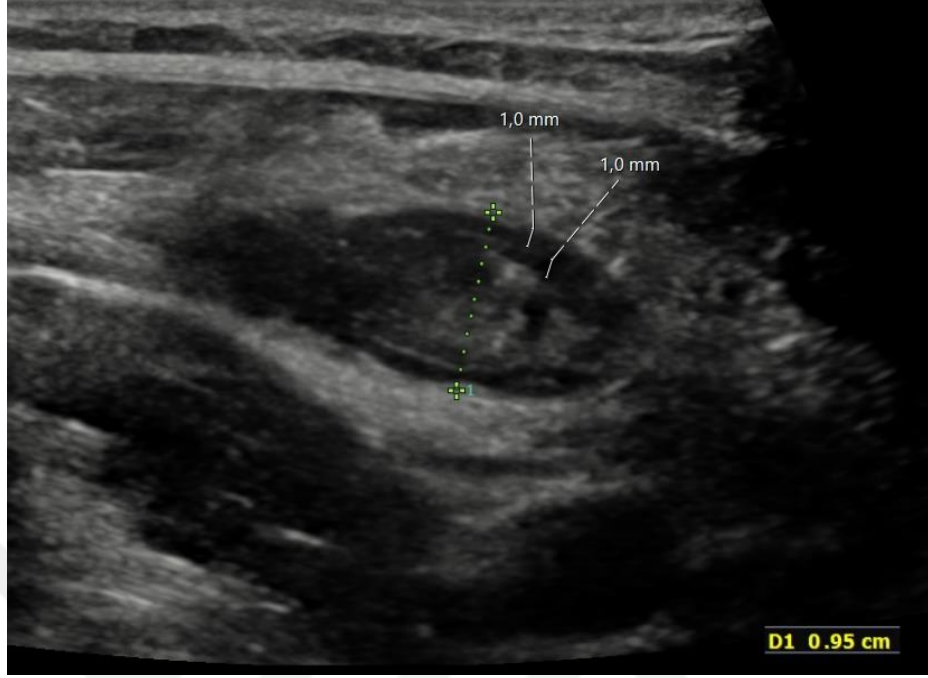
3.3. Ultrason Görüntüleme Protokolü

Hastaların tüm abdominal gri skala US incelemeleri Samsung RS80 US (Gyeonggi-do, Republic of Korea) cihazında 6 MHz konveks prob kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İlk etapta tüm abdominal organlar, akut apandisit dışındaki tanıların ekarte edilmesi amacıyla değerlendirilmiştir. Sonrasında 2-9 MHz frekans aralığına sahip geniş bant lineer prob

kullanılarak appendikse yönelik inceleme yapılmış olup appendiksin görülebildiği hastalarda apendiks çapı, lamina propria ve submukoza kalınlıkları ölçülmüştür (Şekil-4,5). Ayrıca gri skala US'de akut apandisit olup olmadığı, var ise perforasyonun ve serbest sıvının bulunup bulunmadığı bilgileri de not edilmiştir. Tüm incelemeler tek radyolog tarafından yapılmıştır.



Şekil-4 : Normal apendiks görünümüne sahip olguda lamina propria (hipoekoik katman) ve submukoza (hiperekoik katman) ölçümleri



Şekil-5 : Gri skala US’de akut apandisit görünümüne sahip olguda, lamina propria (hipoekoik katman) ve submukoza (hiperekoik katman) ölçümleri

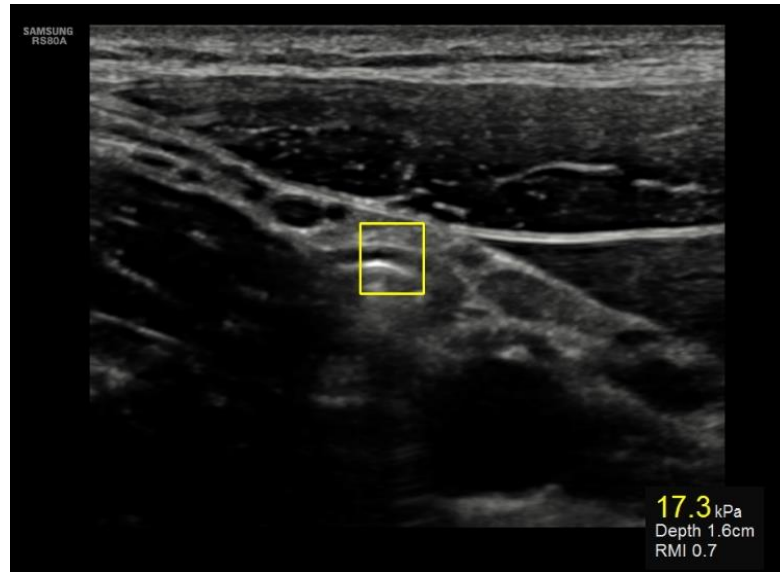
3.4. Ultrason Elastografi Görüntüleme Protokolü

Rutin abdominal US’nin yapıldığı Samsung Medison RS80APrestige (Gyeonggi-do, Republic of Korea) cihaz’ın 2-9 Mhz lineer probu kullanılarak appendiks lokalize edildikten sonra ARFI tabanlı point shearwave tekniğiyle çalışan bir elastografi uygulaması olan S-Shearwave Elastografi (Samsung Medison Co. Ltd. Seoul, Korea) aplikasyonu ile gri skala inceleme için kullanılan aynı prob aracılığıyla SWE tekniğiyle elastisite ölçümleri yapılmıştır.

Point shear wave elastografi (pSWE) incelemesine imkan sağlayan yazılım ile doku içine yerleştirilen tek ölçümleme kutucuğunun (ROI) her iki kenar noktası arasında shear dalgaların doku içinde yatay düzlemdeki hareket hızı ölçülmektedir. ARFI dalgası ile indüklenen kayma dalgasının rezidü hatasının ve sinyal gücünün ağırlıklı toplamı olan Reliability Measurement Index (RMI) değerinin 0,4 ve üzerinde olması beklenerek tüm lezyonlardan yapılan en az 10 ölçüm sonrasında kantitatif SWE değerleri hesaplanmıştır (89). Örneklenen alanın hız (m/s) ve sertlik (kiloPaskal – kPa) cinsinden hesaplanmış doku sertliği değerleri sonuç ekranında elde olunmuştur. Ölçüm temel olarak hız ölçümü (m/sn) şeklinde yapıp birimler arası dönüşüm US

cihazı tarafından otomatik olarak yapılmaktadır. Interquartile range/median ratio (IQR/M)'nun her lezyonda %30'un altında tutulmaya çalışılmıştır (90-93). IQR/M istatistiksel dağılıma benzer bir ölçü olan median değer başına interquartile aralığını temsil eder (89). Tetkik sonunda çalışmamızdaki her appendiks için hesaplanan median kPa, m/s, IQR/M ve RMI değerleri ekran görüntüsü olarak elastografi incelemesi sonucunda kaydedilmiştir.

Cihazın ölçüm alanı için oluşturduğu ölçümleme kutucuğunun (ROI) boyutlarının sabit olması nedeniyle sadece appendiks duvarı ile periapendiküler yağlı dokunun ROI içinde olmasına, çevre kas doku, damarlar veya lümen içi gazın ROI dışında kalmasına dikkat edilmiştir (Şekil-6,7). Elastisite değerlerinin gerçeğe yakın ölçülebilmesi açısından ölçüm yapılırken probun hareket ettirilmemesine ve olabildiğince az kompresyon uygulanmasına özen gösterilmiştir. Ayrıca hastanın solunum hareketlerine bağlı oluşabilecek artefaktların da önüne geçilebilmesi açısından ölçümler solunumun ekspirasyon fazının hemen sonunda yapılmıştır. Her hastada en az 10 farklı ölçüm yapılmış olup ölçümlerin yapıldığı alanlar olabildiğince sabit tutulmaya çalışılmıştır. Ölçülen değerler arasında belirgin farklılık mevcut ise ölçümler tekrarlanmıştır. Elde olunan nihai ölçümlerin median değerleri not edilerek çalışmaya dahil edilmiştir. Tek radyolog araştırma öncesi 5 ay süre ile SWE ölçümleri için pratik yapmıştır. Ayrıca gözlemci içi tutarlılığın değerlendirilebilmesi amacıyla bazı olgularda SWE ölçümü 2 gün sonra tekrarlanarak aradaki farka bakılmıştır.



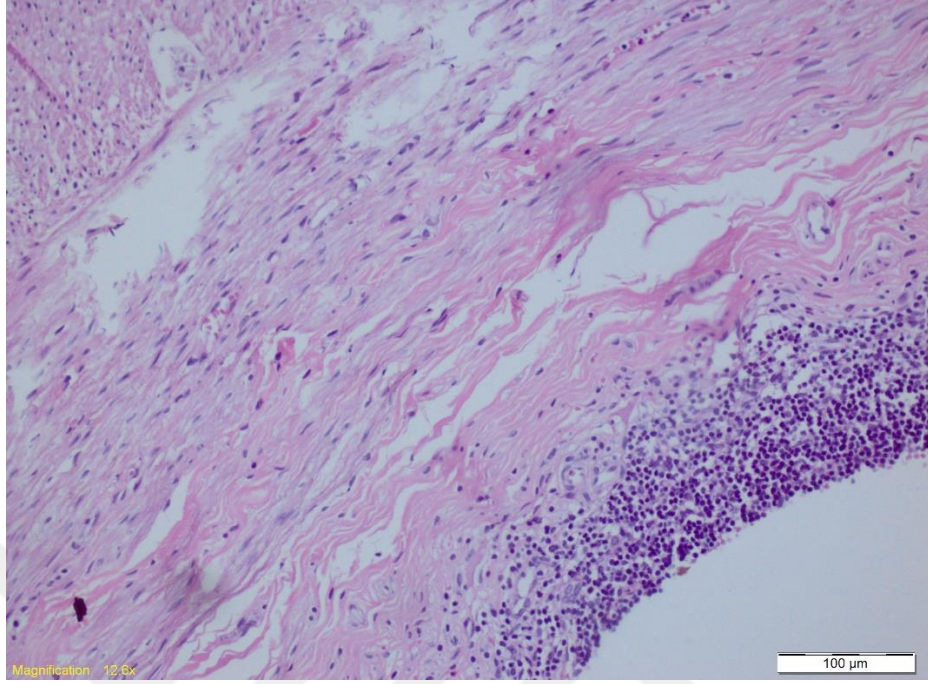
Şekil-6 : Normal appendiks görünümüne sahip olguda shear-wave elastografi US tekniğiyle yapılan elastisite ölçümü



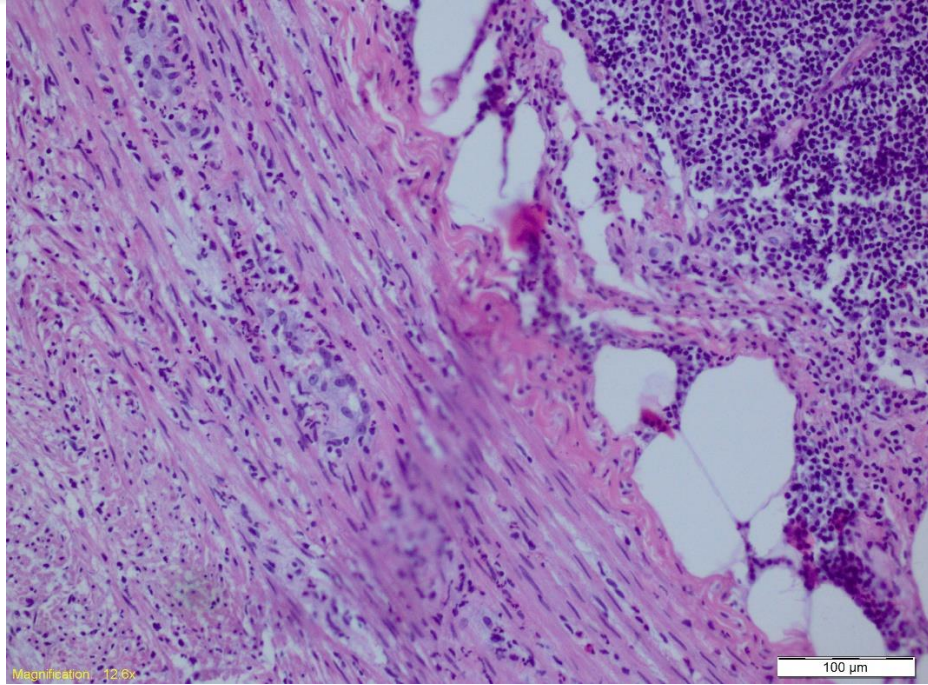
Şekil-7 : Gri skala US’de akut apandisit görünümüne sahip olguda, shear-wave elastografi US tekniğiyle yapılan elastisite ölçümü

3.5. Patoloji Değerlendirme Protokolü

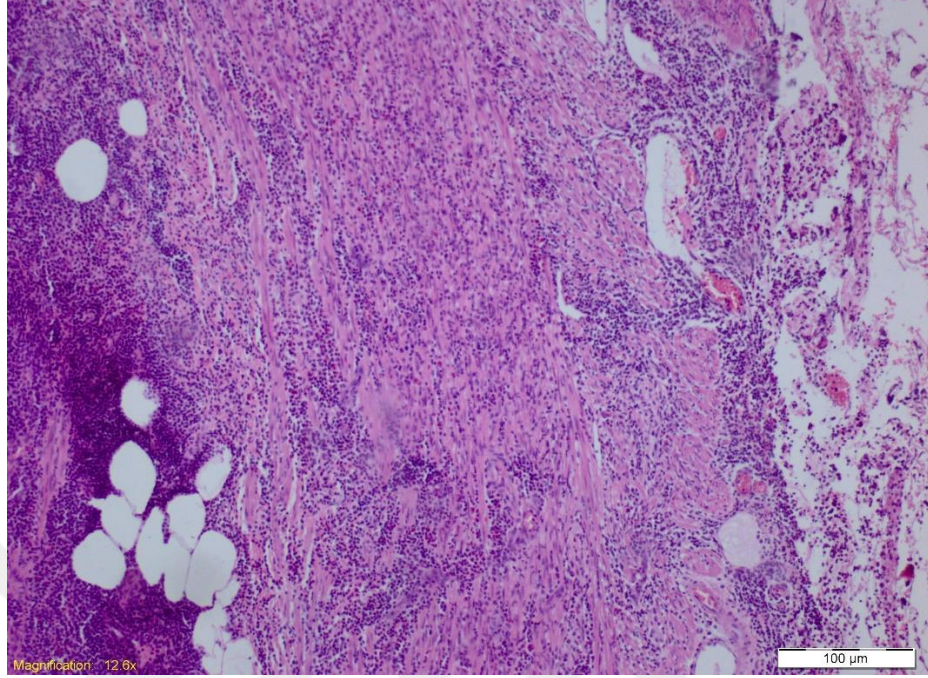
Çalışma dahilindeki hastalardan klinik, laboratuvar ve US bulguları ışığında akut apandisit tanısı düşünülen ve appendektomi yapılan olguların spesmenleri Adnan Menderes Üniversitesi Patoloji Anabilim Dalı’nda değerlendirilmiştir. Appendiks materyallerinden makroskopik inceleme sonrası alınan kesitler, rutin doku takibi sonrası hematoksisilen-eozin ile boyanarak ışık mikroskopunda değerlendirilmiştir. Değerlendirmede enflamasyon varlığına göre semikantitatif olarak skorlama yapılmıştır. Skorlama; “1”= muskularis propriada bir büyük büyütme alanında (1 BBA) nötrofil yok (Şekil-8), “2”=muskularis propriada bir BBA’da nötrofil var (Şekil-9), ”3”= muskularis propriada nötrofil var ve periapendiksiyal/peritoneal nötrofil infiltrasyonu var şeklinde yapılmıştır (Şekil-10). Akut apandisit tanısı almayan olgular ise “0” olarak sınıflandırılmıştır.



Şekil-8 : “skor 1”= muskularis propriada bir büyük büyütme alanında (1 BBA) nötrofil yok



Şekil-9 : “skor 2”=muskularis propriada bir BBA’da nötrofil var



Şekil-10 : "skor 3"= muskularis propriada nötrofil var ve periapendiksiyal/peritoneal nötrofil infiltrasyonu var

3.6. İstatistiksel Değerlendirme

Tüm istatistiksel analizler Windows için SPSS paket program (sürüm 22.0 SPSS) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

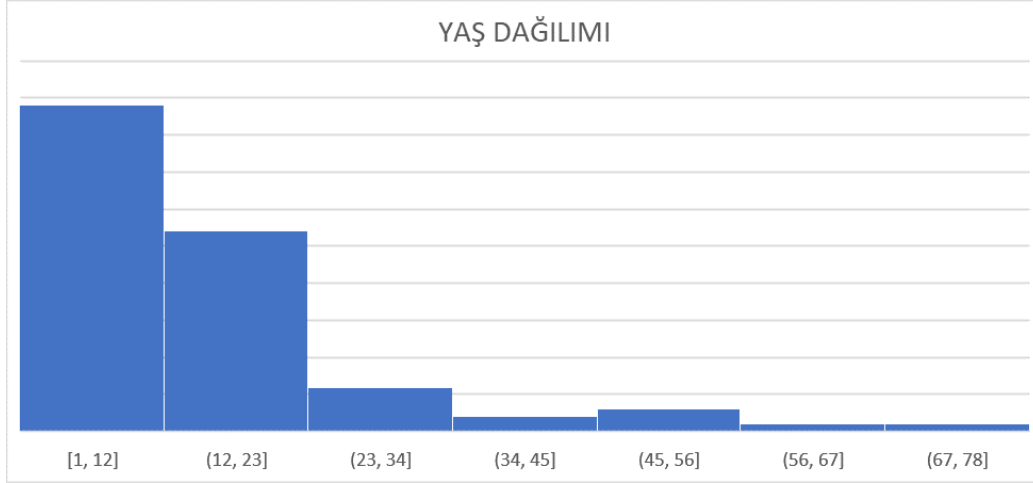
Değişkenler için veri, frekans ve yüzde olarak ifade edilmiştir. Tüm sayısal verilerin minimum, maksimum, ortalama ve median değerleri hesaplanmıştır. Verilerin normal dağılım testi olarak Kolmogorov-Smirnov testi ve Shapiro-Wilk testi kullanılmıştır. Farklı hasta gruplarının appendikslerinin elastisite değerleri arasında istatistiksel anlamlı fark olup olmadığını değerlendirmek için, normal dağılım gösteren sayısal verilerde t-testi, normal dağılım göstermeyenlerde ise Mann-Whitney U testi uygulanmıştır. Tanısal performanslar duyarlılık, özgüllük, pozitif öngörü değeri (PÖD), negatif öngörü değeri (NÖD) hesaplanarak değerlendirilmiştir.

SWE verileri ile ilgili olarak ROC analizleri yapıp %95 güven aralığında eğri altında kalan alanlar hesaplanmıştır. p değerinin 0.05'ten küçük olması istatistiksel olarak anlamlı olarak kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. Demografik Verilerin Analizi

Çalışmaya, 36 akut apandisit tanısı almış hasta ile 48 kontrol grubu hastası olmak üzere toplam 84 hasta dahil edilmiştir. Akut apandisit grubu, opere edilmiş ve histopatolojik inceleme sonrası akut apandisit tanısı almış olan hastaları içermektedir. Tüm hastaların %51'i kadın (n=43), %49'u erkektir (n=49). Ortanca yaş değeri 12, ortalama yaş değeri ise 15'tir. Minimum yaş 1, maksimum yaş 74 olmakla birlikte hastaların %92'si (n=77) 30 yaş altındadır (Grafik-1). Hasta grubunun %36'sı kadın (n=13), %64'ü erkektir (n=23). Ortanca yaş değeri 14, ortalama yaş değeri ise 21'dir. Minimum yaş 2, maksimum yaş 74 idi. Kontrol grubunun %63'ü kadın (n=30), %37'si erkektir (n=18). Ortanca yaş değeri 10, ortalama yaş değeri ise 11'dir. Minimum yaş 1, maksimum yaş 35 idi.



Grafik-1 : Hasta ve kontrol gruplarındaki tüm hastaların yaş dağılımlarına göre dağılımı

4.2. Histopatoloji Sonuçlarının Analizi

Akut apandisit tanılı 36 hastanın histopatolojik incelemesinde enflamasyon yoğunluğu semikantitatif olarak sınıflandırılmış olup, 6 hastada hafif enflamasyon (skor=1), 8 hastada orta şiddette enflamasyon (skor=2), 22 hastada ise şiddetli enflamasyon (skor=3) olarak

değerlendirilmiştir. Kontrol grubundaki 1 hasta ise akut apandisit şüphesinin devam etmesi nedeniyle opere edilmiştir ancak; histopatolojik incelemede akut apandisit tanısı almamıştır.

Histopatolojik incelemede enflamasyon yoğunluğunun haricinde appendiksin mukoza, submukoza, muskularis propria ve seroza kalınlıkları ile toplam duvar kalınlıkları da ölçülmüştür. Hasta grubundaki akut apandisit tanılı 36 hastanın ortalama duvar kalınlığı 15.2 mm, mukoza kalınlığı 7.2 mm, submukoza kalınlığı 4.1 mm, muskularis propria kalınlığı 2.7 mm, seroza kalınlığı 1 mm'dir. Kontrol grubundaki negatif appendektomili 1 hastanın ise duvar kalınlığı 9 mm, mukoza kalınlığı 3 mm, submukoza kalınlığı 2 mm, muskularis propria kalınlığı 3 mm, seroza kalınlığı 1 mm'dir (Tablo-1).

Tablo-1 : Opere edilen hastalardaki appendiks ve katmanlarının histopatolojik incelemede ölçülen kalınlıkları

		Appendiks kalınlığı	Mukoza kalınlığı	Submukoza kalınlığı	Muskularis propria kalınlığı	Seroza kalınlığı
Akut apandisit tanılı (n=36)	Hafif enflamasyon (n=6)	10 mm	4.5 mm	3.3 mm	2.1 mm	0 mm
	Orta şiddette enflamasyon (n=8)	14.3 mm	6.8 mm	4.6 mm	2.3 mm	0.5 mm
	Şiddetli enflamasyon (n=22)	16,9 mm	8.1 mm	4.1 mm	3.09	1.4 mm
Negatif appendektomi (n=1)		9 mm	3 mm	2 mm	3 mm	1 mm

4.3. Maksimum Çap Analizi

Hasta grubunda ortalama appendiks çapı 10.1 mm, minimum çap 4.9 mm, maksimum çap ise 22.9 mm'dir. Ortalama lamina propria kalınlığı 1.65 mm, submukoza kalınlığı ise 1.43 mm ölçülmüştür. Kontrol grubunda ortalama appendiks çapı 5.3 mm, minimum çap 3 mm, maksimum çap ise 8 mm'dir. Ortalama lamina propria kalınlığı 0.75 mm, submukoza kalınlığı

ise 0.65 mm ölçülmüştür (Tablo-2). İki grup arasında appendiks çapı, lamina propria kalınlığı ve submukoza kalınlığı arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.001$).

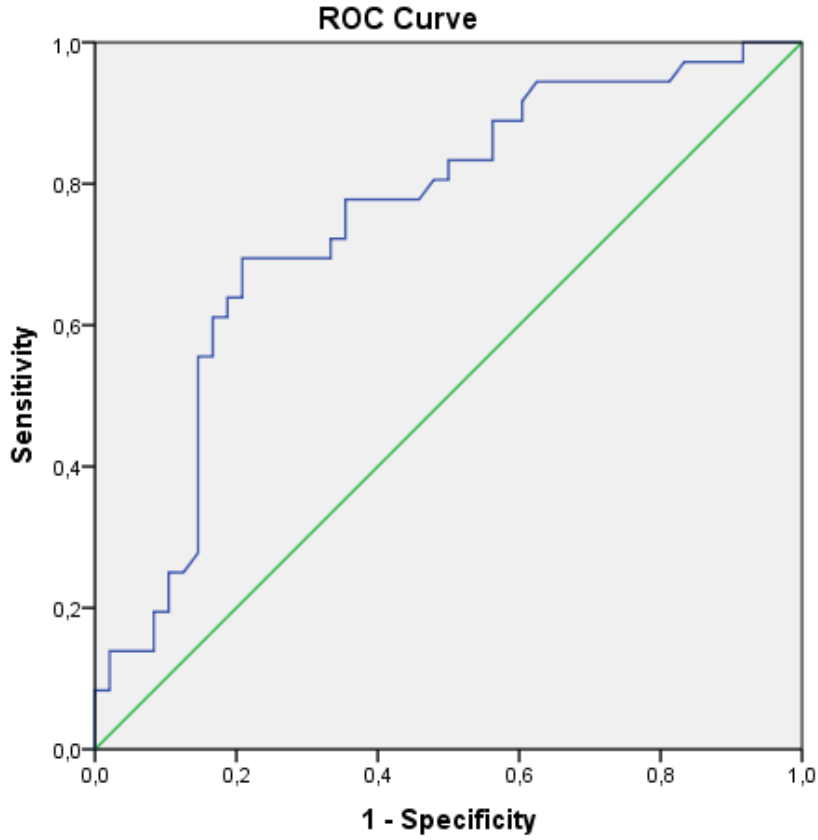
Tablo-2 : Hasta ve kontrol gruplarının appendiks ve katmanlarının gri-skala US’de ölçülen ortalama kalınlıkları

	Appendiks çapı	Lamina propria kalınlığı	Submukoza kalınlığı
Hasta Grubu (n=36)	10.1 mm	1.65 mm	1.43 mm
Kontrol Grubu (n=48)	5.3 mm	0.75 mm	0.65 mm

4.4. Ultrason Elastografi Sonuçlarının Analizi

SWE US tekniğiyle yapılan ölçümlere göre appendiks elastisite değerleri hasta grubunda ortalama 40.04 kPa, minimum 8.7 kPa, maksimum 147.9 kPa; kontrol grubunda ise ortalama 21.65 kPa, minimum 3.9 kPa, maksimum 92.8 kPa bulunmuş olup iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.001$). Histopatolojik değerlendirmeye göre yapılan sınıflandırmada, elastisite ölçümlerinin median değerleri hafif enflamasyonlu grupta (skor=1) 16.20 kPa, orta şiddette enflamasyonlu grupta (skor=2) 31.85, kPa, şiddetli enflamasyonlu grupta ise (skor=3) 34.20 kPa olarak ölçülmüştür (Tablo-3). Enflamasyon şiddetindeki artış ile shear-wave elastografi US ölçüm değerlerinde artış arasında korelasyon mevcut olup istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.001$). Negatif appendektomi yapılmış olan (skor=0) 1 hastanın ise elastisite değeri 3.9 kPa olarak ölçülmüştür. Tüm bu verilerin ışığında, akut apandisit ile shear-wave elastografi US değerleri arasındaki ilişkiyi saptayabilmek açısından ROC eğrisi elde edilerek analiz yapılmıştır. Eğri altında kalan alan 0.749 hesaplanmış olup cut-off değeri 20.25 kPa olarak belirlenmiştir (Grafik-2). Bu değere göre shear-wave elastografi US ölçümünün akut

apandisit tanısında sensitivitesi %78, spesifitesi %63, pozitif öngörü değeri %61, negatif öngörü değeri ise %79 olarak hesaplanmıştır. SWE ile elastisite ölçümündeki gözlemci içi tutarlılığın değerlendirilmesinde ise ilk yapılan ölçümlerle tekrarlanan ölçümler arasında anlamlı bir farklılık saptanmamıştır.



Grafik-2 : SWE tekniğinin akut apandisitteki tanısal performansını gösteren ROC eğrisi

Tablo-3 : Hasta ve kontrol gruplarında ölçülen ortalama SWE elastisite değerleri

		Ortalama SWE Elastisite Değeri (kPa)
Hasta grubu (n=36)	Hafif enflamasyon (n=6)	16.20
	Orta şiddette enflamasyon (n=8)	31.85
	Şiddetli enflamasyon (n=22)	34.20
Kontrol grubu (n=48)		21.65

CRP, lökosit değerleri ve Alvarado skorlarının, histopatolojik enflamasyon yoğunluğu ve shear-wave elastografi US ölçümleri ile arasında korelasyon olup olmadığı da değerlendirilmiştir. CRP, lökosit değerleri ve Alvarado skorlarının ortalamaları kontrol grubunda sırasıyla 23.70, 12.21 ve 3.9; hasta grubunda ise 36.96, 16.04 ve 6.5 ölçülmüş olup üç parametre de hasta grubunda anlamlı olarak yüksek bulunmuştur (p değerleri sırasıyla 0.034, 0.003, 0.0001). Histopatolojik enflamasyon skorlamasına göre ise ortalama CRP, lökosit değerleri ve Alvarado skorları, hafif enflamasyonlu (skor=1) hastalarda sırasıyla 26.36, 12.43 ve 6.3; orta şiddette enflamasyonlu (skor=2) hastalarda 17.38, 13.04 ve 6.8; şiddetli enflamasyonlu (skor=3) hastalarda ise 44.30, 17.98 ve 6.45 ölçülmüştür. Enflamasyon skoru arttıkça lökosit değeri ve Alvarado skorlarının da anlamlı olarak arttığı görülmüştür; CRP değeri ise şiddetli enflamasyonda diğer gruplara göre daha yüksek bulunmuş olmakla birlikte bu parametrenin enflamasyon yoğunluğuyla arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Tüm bu veriler birlikte değerlendirildiğinde lökosit değerleri , Alvarado skoru ve shear-wave elastografi US ölçüm değerleri ile histopatolojik enflamasyon skoru arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki saptanmıştır.

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'ne göre çocukluk ve gençlik çağı arasındaki yaş sınırının 15 olması nedeniyle, 15 yaş ve altı ile 15 yaş üzeri hastaların parametreleri çalışmamız içerisinde iki ayrı grup olarak ayrıca değerlendirilmiştir. 15 yaş ve altı hastalarda akut apandisit varlığıyla shear-wave elastografi US ile yapılan ölçümler arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki mevcut iken ($p<0.001$), 15 yaş üzeri hastalarda istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmamıştır ($p=0.145$). Bunun dışında, 15 yaş ve altı hastalarda shear-wave elastografi US ölçümleri ile histopatolojik skorlama arasındaki ilişki incelendiğinde ise enflamasyonu olmayan (skor=0) & orta şiddette enflamasyonu bulunan (skor=2) hasta grupları ile; enflamasyonu olmayan (skor=0) & şiddetli enflamasyonu bulunan (skor=3) hasta grupları arasındaki değerler arasında da korelasyon saptanmıştır ($r=0.48$, $p<0.001$).

4.5. Periapendisyal bulguların analizi

Hasta grubunun %17.8 (n=15)'inde serbest sıvı, %9.5 (n=8)'inde perforasyon bulguları mevcuttu. Perforasyon izlenen hastaların ise %12.5 (n=1)'inde ise plastron görünümü izlenmekteydi.

5. TARTIŞMA

Akut apandisit en sık cerrahi gerektiren akut batın sebebi olup, klinik ve laboratuvar bulgularla birlikte hekimleri doğru tanıya yönlendirecek uygun görüntüleme yöntemleri oldukça önemlidir. US, noninvaziv ve pratik olma, radyasyon içermeme, belirgin bir hazırlık gerektirmeme ve tekrarlanabilirlik gibi avantajlara sahip olması nedeniyle günümüzde akut apandisitte halen ilk basamak tanı yöntemi olarak kabul edilmektedir. Ancak gri-skala bulgularının yetersiz kalabildiği veya appendiksin görülemediği durumlar bulunması sebebiyle BT veya MR gibi seçeneklere sıklıkla başvurulmaktadır. Özellikle BT akut apandisit tanısında yüksek sensitivite ve spesifite oranlarına sahip olması ve kısa sürede görüntü elde edilebilmesine olanak tanınması nedeniyle çok sık tercih edilmektedir. Ancak BT'nin radyasyon maruziyeti ve kontrast kullanımı gerektirmesi gibi dezavantajları bulunmaktadır. Bu sebeplerden ötürü özellikle çocuk hastalarda BT görüntülemeden kaçınılması gerekmektedir. MR ise pahalı bir yöntem olması, hasta kooperasyonu ve uzun çekim süresi gibi dezavantajlara sahiptir. Bu durum da özellikle çocuk hastalarda yine sorun yaratabilmektedir. Tüm bu sorunlar göz önüne alındığında akut apandisit tanısında tanısal doğruluğu yüksek ve daha az dezavantaja sahip yeni yöntemlere ihtiyaç olduğu aşıkardır. SWE, US'nin sahip olduğu avantajlara sahip olmakla beraber, doku kompresyonu gerektirmeden elastisite ölçümüne imkan tanınması sebebiyle diğer elastografi tekniklerine göre de daha üstündür. Gri skala bulgularının tanıda yetersiz kaldığı durumlarda appendiksin enflame olduğu, SWE tekniğiyle elastisite ölçümü yapılarak tespit edilip US'nin tanısal doğruluğu artırılabilir.

US elastografi tekniği vücuttaki birçok farklı organ ve oluşuma uygulanmaktadır. Bunların en başında tiroid nodülleri ve memedeki kitleler gelmektedir. Appendiks ve diğer gastrointestinal sistem yapılarına ise US elastografinin uygulanabilirliği ile ilgili literatürde az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bunun sebebi muhtemelen GİS yapılarının gaz nedeniyle değerlendirilebilmesinin zor olması, değerlendirilebildiği durumlarda ise elastografi ölçümlerinin artefaktlar, peristaltizm ve solunum hareketleri nedeniyle etkilenebilmesidir.

Branchi ve ark'nın 2017'de yaptığı çalışmaya göre (95); literatürde az sayıda hastayla yapılmış çalışmalar bulunmasına rağmen elastografi yönteminin intestinal hastalıklarda özellikle de enflamatuvar bağırsak hastalıklarında verdiği sonuçlar ümit vericidir. EFSUMB Kılavuzu'nda

(96) patolojik kalınlaşma gösteren bağırsak duvarının değerlendirilmesinde elastografinin kullanılması gerekmektedir. Strain elastografi sonuçlarının daha geniş kohort gruplarıyla doğrulanması, özellikle Crohn hastalığında tedaviye yanıtın önemli bir belirteci olabilmesi açısından önem taşımaktadır. SWE sahip olduğu teknik özellikleriyle, strain elastografide karşılaşılan limitasyonların üstesinden gelmeyi mümkün kılmakta olup bu özelliklerinden ötürü daha basit ve kullanışlı bir yöntem olarak görülmektedir. Ancak SWE'nin enflamatuvar bağırsak hastalığının şiddetini değerlendirmede kullanımı ile ilgili elde olunan veriler yetersizdir. Ayrıca elastografinin performansını kesitsel incelemeler ile karşılaştıran çalışma bulunmamaktadır. Kesitsel tekniklerin US elastografiye göre daha doğru sonuçlar verdiği hakkında literatürde veri bulunmamaktadır. Kesitsel incelemenin kontrendike olduğu durumlar ve kontrast kullanılması durumunda neden olabileceği yan etkiler de diğer dezavantajlarıdır. Elastografi tekniğinin kolaylığı ve uygulanabilirliği sayesinde uygulanacak alanların gelecekte daha iyi aydınlatılmasını sağlayabileceği düşünülmektedir.

Goertz ve ark'nın 2019'da yaptığı çalışmaya göre (97); ülseratif kolit(ÜK) tanılı hastalarda bağırsak duvarının yüksek frekanslı proba yapılan US değerlendirmesinde duvar kalınlaşması, katmanların diziliminde bozulma veya kalınlaşmış duvarda vaskülarite artışı gibi enflamasyona ait bulgular tespit edilebilmektedir. Bu enflamasyon, bağırsak duvarının elastisitesinde değişikliğe sebep olabilmekte, bu değişiklikler ise ARFI yöntemiyle gösterilebilmektedir. Bu çalışmadaki ÜK hastalarının çoğunluğunda orta ve şiddetli düzeyde hastalık aktivitesi mevcut olup bağırsak duvarından yapılan ARFI ölçümleri hasta grupta sağlıklı gruba göre anlamlı olarak yüksek bulunmuştur. Ayrıca her bir kolonik segment ve ileal anslardaki ARFI ölçümlerinin ortalama değerleri de sağlıklı gönüllülere göre daha yüksektir. ARFI ile semi-kantitatif vaskülarizasyon skoru, klinik Mayo subskoru ve ölçüm derinliği arasında korelasyon saptanmamıştır. Ülseratif kolitin rektumdan başlayan ve asendan olarak ilerleyen bir enflamasyona neden olmasına bağlı olarak sağ kolonda enflamasyon her zaman görülmeyebilmektedir. Bu nedenle de duvar kalınlığı ve ARFI ölçümleri sol kolonda sağa nispeten daha yüksek tanısal özelliğe sahiptir. Sadece mukoza ve submukozaya sınırlı enflamasyonlarda duvar kalınlığı da ARFI ölçümleri de normal olabilmekte ve bu durumlarda enflamasyon varlığı sadece kolonoskopi ile gösterilebilmektedir. Palmari ve ark'nın yapmış olduğu bir çalışmada (98) ise ARFI ile elde edilen elastogramların bağırsak duvarlarının normal anatomik yüzeylerinin görülmesinde kullanılabileceğini göstermiştir. Bunun da ötesinde kolonik

tümörlerin sınırları da ARFI görüntüleme ile tarif edilebilmiş ve tanı konulabilmiştir (98). Bu sonuçlar eksize edilen cerrahi spesmenlerin yüksek frekanslı proba yapılan ex-vivo US değerlendirme sonrası elde olunmuştur. Ülseratif kolit hastalarının strain elastografi ile değerlendirildiği başka bir çalışmada (99) ise kolonoskopide görülen enflamatuvar aktiviteyle uyumlu olarak homojenden inhomojene, yumuşaktan sertte doğru doku değişiklikleri görülmüştür. Bunun dışında çalışmada, 6x5 mm boyutlarında sabit bir ROI'nin bulunması, normal bağırsak duvarı ve normal çevre yağlı doku da seçilen alanın içerisine girmesine neden olmaktadır. Bu nedenle normal ve enflame bağırsak duvarını ayırt etmede en yararlı veri duvar kalınlığıdır.

Kapoor ve ark'nın 2010'da yaptığı çalışmaya göre (100); elastografinin akut apandisit tanısında kullanımıyla ilgili literatürde yapılmış başka bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmaya göre US tetkikinin sensitivitesi %88, spesifitesi ise %100'dür. En güvenilir sonografik bulgu 6 mm'nin üzerinde çapa sahip distandü bir appendiksin görülmesidir ancak; elastografinin rutin US incelemeye eklenmesiyle sensitivite oranı %100'e kadar ulaşmaktadır. Bu sonuç, çalışmada elastografinin enflame appendiks duvarının sertliğindeki değişimleri gösterebilmesine bağlanmaktadır. Appendiksteki erken dönem enflamasyona ait değişiklikler, özellikle appendikte çap artışı olmayan durumlarda, bu çalışmada 3 olguda olduğu gibi sonografik olarak tespit edilememektedir. Normal çapa sahip enflame appendiks varlığı %15 olarak bildirilmiştir (101). Normal görünümlü appendiks hastaların %82'sinde ayırt edilebilmiştir ancak; normal ve patolojik appendiks arasındaki ayrımın yapılabilmesi önem taşımaktadır. Çalışmada, hiçbir sonografik bulgu tek başına %100 sensitivite ve spesifiteye sahip değildir. Bu nedenle de anormal ve normal appendiks ayrımında birden fazla bulgunun kombinasyonu önerilmektedir. Birçok araştırmacı renkli doppler US görüntüleme ile appendiks duvarındaki kan akımını görüntülemeyi denemiştir (102). Akut apandisitli olgularda %87 oranında sadece marjinal artış saptanabilmiştir. Kan akımında artışın olmaması akut apandisit bulunmadığı anlamına gelmemektedir. Çünkü yalancı negatif olgular çalışma kapsamında bulunmaktaydı. Bu çalışma(100), appendiksteki enflamasyonun, elastografi tekniğiyle duvar sertliğindeki değişikliklerin gösterilmesiyle tespit edilebileceğini göstermektedir. Bu bulgu, appendiks çapının 6 mm'den az olduğu semptomatik hastalarda akut apandisit tanısını doğrulamak için tamamlayıcı bir kriter olabilir. US'nin diğer bir limitasyonu ise enflamasyonun yoğunluğunu sınıflandıramamasıdır. Bu çalışma (100), US ve elastografi kombinasyonunun akut apandisitli

hastalarda hastalığın hafif, orta ve yüksek olarak sınıflandırılmasına olanak tanıdığını ve sonuçların cerrahi bulgularla uyumlu olduğunu göstermiştir. Elastografi, akut apandisit tanılı hastaların triyajında ve bu hastalara medikal veya cerrahi yaklaşımında karar verilmesinde faydalı olabilir. Çalışmadaki akut apandisitli hastaların çoğunda hastalığın hafif veya orta şiddette olması nedeniyle tedavi için farklı seçenekler vardı. Hastalığın yüksek derecede olduğu hastalarda ise perforasyon ve peritonit riskinden ötürü acil cerrahi tedavi gerekmektedir. Sonuç olarak bu çalışma (100) göstermektedir ki; sonografik bulgular ve elastografi verileri kombine edildiğinde akut apandisit tanısında sensitivite oranı %88, spesifite oranı ise %100 olmaktadır. Bunun dışında, elastografi enflamasyonun yoğunluğunu doğru bir şekilde derecelendirmekte olup hastalarla ilgili klinik karar ve tedavi planlamasının yapılmasında fayda sağlayabilir. Bizim çalışmamızda enflamasyon derecesi histopatolojik düzeyde değerlendirilmiş ve yoğunluğuna göre skorlanmıştır. Enflamasyon skoru arttıkça SWE elastisite değerinde de korele biçimde artış gösterdiği görülmüştür. Elde ettiğimiz bu sonuçlar Kapoor ve ark'nın çalışmasındaki sonuçları desteklemekte olup elastografiyle enflamasyon yoğunluğunun önceden bilinmesinin hastaya klinik yaklaşımın belirlenmesinde faydalı olabileceğini düşünmekteyiz.

Göya ve ark'nın 2014'te yaptığı çalışmaya göre (103) ; Alvarado skorlaması akut apandisit tanısında modern görüntüleme yöntemlerinin gerisinde kalmakta olup %70.8 sensitivite, %20 spesifite, %89.5 pozitif öngörü değeri ve %66.7 negatif öngörü değerine sahiptir. US akut apandisit tanısında hızlı, kost-effektif ve tanısal doğruluğu yüksek bir modalitedir. Diğer görüntüleme yöntemleriyle kıyaslandığında non-invaziv, pratik ve radyasyon maruziyetine yol açmayan ve minimal hazırlık gerektiren bir yöntemdir. Daha önceki çalışmalarda akut apandisit tanısında US'nin sensitivitesi %94-100 olarak bildirilmiştir. Bu çalışmaya göre (103) ise US'nin akut apandisit tanısındaki sensitivesi %83.3, spesifitesi ise %80 olarak bulunmuştur. Appendiks çapının 6 mm'den az olduğu vaka oranı %15 olarak bildirilmiş (104) olup apandisit vakalarında US tanıda tek başına yetersiz kalabilmektedir. Teknolojik gelişmelerle birlikte tüm olguların %88'inde appendiks görülebilmektedir ancak appendiks çapının 6 mm altında olduğu vakalarda normal ve enflame doku arasındaki farklılık anlaşılamamaktadır. Bu çalışmada ARFI ile appendiks çapının 6 mm'nin altında olduğu olgularda bile akut apandisit tanısı başarılı bir şekilde yapılabilmektedir. Tek bir sonografik bulgu normal ve enflame apandisiti ayırmada yetersiz olup birden fazla tekniğin kombine edilmesi güvenilir bir tanı için gereklidir. Bu çalışmada da appendiks çapının artmadığı hafif

enflamasyonlu 5 hastada sonografik bulgularla tek başına tanı koymak mümkün olamamıştır. BT daha az deneyim gerektirmesi, kısa sürede elde olunması ve enflamasyonun derecesi hakkında daha doğru bilgi verebilmesi nedeniyle tercih edilebilir ancak radyasyon maruziyetine neden olması, özellikle hamilelerde, çocuklarda ve genç erişkinlerde bu yöntemin tercih edilmesinde bir engel oluşturmaktadır. MRG ise %97-100 sensitivite ve %92-93 spesifiteye sahip olması nedeniyle yüksek tanısal doğruluğa sahip bir modalitedir ancak yüksek maliyetli olması bu yöntemin kullanımını kısıtlamaktadır. Bu çalışmada elastografi, normal çapa sahip 5 apandisitli hasta ile uç apandisitli 3 hasta da dahil olmak üzere normal ve enflame appendiksi ayırt etmede başarılı olmuştur. ARFI görüntülemenin akut apandisit tanısındaki sensitivitesi %100, spesifitesi %98, pozitif öngörü değeri %98, negatif öngörü değeri ise %100 bulunmuştur. Enflamasyonun derecesinde artış shear-wave dalgalarının da hızında artışa neden olmakta olup tanımlanan bulguların cerrahi bulgularla uyumlu olduğu görülmüştür. Alvarado skoru yüksek hastalarda gereksiz operasyonların azaltılmasında; Alvarado skoru düşük olan hastalarda ise apandisit tanısının gecikmesinden ötürü yaşanabilecek komplikasyonların azaltılmasında ARFI katkıda bulunabilir. Appendiksin B-mod US'de görülebilirliğinin sınırlı olması, ARFI görüntülemeye de sınırlılığa neden olmaktadır. Ek olarak US'de olduğu gibi elastografi esnasında da hasta kooperasyonu oldukça önem taşımaktadır. Ayrıca prob ile yapılan eksternal bası ARFI ile yapılan ölçümlerin etkilenmesine neden olabilmektedir. Bu çalışmanın bir diğer dezavantajı ise kontrol grubunun sadece sağlıklı bireylerden oluşmasıdır. Sağ alt kadranda ağrısına neden olan divertikülit, terminal ileit gibi diğer patolojileri bulunan olgularda appendiks elastisitesinin nasıl etkilenebileceği ortaya konulamamıştır. Sağ alt kadranda oluşumların heterojen olması shear-wave dalgalarının ölçümünü zorlaştırmaktadır. Bunun dışında obez hastalarda appendiksin görülmesinin zor olması nedeniyle ARFI uygulamasının kullanımı kısıtlıdır. Sonuç olarak, US bulgularının ARFI ile kombine edilmesi halinde akut apandisit tanısındaki sensitivite ve spesifite oranları artmaktadır. Ayrıca ARFI appendikste enflamasyon yoğunluğunu gösterebilmesi sayesinde klinik yönetimde de katkı sağlayabilir.

Cha ve ark'nın 2014'te yaptığı çalışmaya göre(105); multidedektörlü BT sahip olduğu yüksek sensitivite ve spesifite oranları nedeniyle akut apandisit tanısında tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir. MRI ise kontrast madde gerektirmemesi ve radyasyon maruziyetine yol açmaması gibi yararları sayesinde son zamanlarda üzerinde çalışılan bir yöntem olmuştur. Hem çocuk hem de yetişkin hastalarda akut apandisit tanısındaki geçerliliği BT ile kıyaslanabilir

duruma gelmiştir. Buna rağmen US, çocuklarda ve çocuk sahibi olabilecek yaştaki erişkin bireylerde halen gerekli bir tanısal yöntem olarak görülmektedir. Bu sebeple de bu çalışmada SWE tekniğinin konvansiyonel gri skala US bulgularının tanısal performansına katkıda bulunup bulunmayacağı görülmek istenmiştir. SWE tekniğinin avantajı hedef dokunun elastisitesi hakkında objektif ve kantitatif bir ölçüm yapabilmesidir. SWE tekniğiyle birlikte konvansiyonel gri skala bulguları da elde olunabilmektedir. Başlangıçta değerlendirilmesi gereken nokta, sağlıklı bireylerin appendiksleri, apandisit bulunmayan hastaların appendiksleri ve apandisitli hastaların appendikslerinin elastisite değerleri arasında farklılık olup olmadığıdır. Elastik modül değerleri kullanılarak appendiksin elastisitesinin ölçülmesi hem sağlıklı bireylerde hem de akut apandisit kuşkusu bulunan hastalarda mümkündür. SWE, shear wave dalgalarının yayılım hızını ve uyarılan dokunun yer değiştirme yanıtını ölçmektedir. Sert dokularda yüksek hızlı shear wave dalgaları ve daha az yer değiştirme yanıtı olmaktadır. Bu çalışmanın en önemli bulgusu çalışmanın hipoteziyle uyumlu olarak enflame appendiksin median elastisite değerinin normal appendiksine göre yüksek olduğudur. Bunun dışında sağlıklı gönüllüler ile apandisit bulunmayan hastaların appendikslerinin median elastisite değerleri arasında farklılık saptanmamıştır. Elastisite ölçümlerine göre ise (≥ 12.5 kPa) gerçek pozitif olgu sayısı 28, gerçek negatif olgu sayısı 11 iken 2 olgu yalancı negatiftir. 12.5 kPa değeri cut-off olarak kabul edildiğinde sensitivite oranı %93, spesifite oranı ise %100 bulunmuştur. SWE tekniğinin spesifitesi, >6 mm çap, periapendisyal yağlı dokuda ekojenite artışı ve duvar kalınlaşması gibi gri-skala bulgularından daha yüksek olarak bulunmuştur. Sahip olduğu yüksek spesifite nedeniyle SWE, gri-skala bulgularından bağımsız olarak enflame appendiksi normal appendiksten ayırt etmede uygun bir yöntem olabilir. %100 spesifitesi olmasına rağmen, örnekleme penceresinin sabit boyutta olması nedeniyle sonuçların yorumlanmasında dikkatli olmak gerekmektedir. Negatif appendektominin literatürde bildirilen oranı %2.7-15.5'tir (106,107). Bu çalışmada ise 1 negatif appendektomi olgusu bulunmaktadır (%3). Bu hastada appendiksin elastisite değeri cut-off değerinin altında bulunmuş olup BT tetkikindeki appendiks çapı ise 6 mm'nin altında ölçülmüştür. Ancak diğer US ve BT bulguları akut apandisit açısından kuşkulu bulunmuştur. Appendektomi sonrası histopatolojik değerlendirmede normal bir appendiks yapısı görülmüştür. Appendiks elastisitesinin ölçümünün doğruluğunu etkileyebilecek birçok faktör bulunmaktadır. Özellikle retroçekal yerleşimli appendikte çekumun anteriorda bulunması sinyalin yanlış bir şekilde yer değiştirmesine sebep olabilmektedir. SW dalgaları

yayımları boyunca attenüasyona uğramaktadır. Konveks prob kullanımında bile efektif doku derinliği maksimum 2-3 cm olabilmektedir. Bu durumun, çalışmada 2 yanlış negatif olgunun bulunmasının sebebi olabileceği düşünülmüştür. Bunun dışında appendiksin US tetkikinde her zaman görülememesi SWE için de önemli bir limitasyon oluşturmaktadır. Appendiksin görülebildiği olgularda ise SWE, gri-skala US'nin tanısal doğruluğunu arttırabilir. Çalışmanın az sayıda olguyla yapılmış olması gibi bir limitasyonu vardır ancak; bu çalışma, akut apandisit kuşkusu bulunan hastalarda SWE tekniğinin tanısal yeterliliğinin ileri dönük olarak değerlendirildiği ilk çalışmadır. Periapendiküler absesi bulunan olgular, appendikte gangrenöz değişiklikler bulunabileceği nedeniyle çalışma dışında bırakılmıştır; çünkü gangrenöz appendiks dokusu daha yumuşak olabilmektedir. Gelecekte bu konu üzerine yapılacak olan çalışmalar direkt olarak SWE ve cerrahi patoloji arasındaki korelasyonu hedef alarak yapılmalıdır. Ayrıca güvenilir ve tekrarlanabilir cut-off değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Özet olarak, enflame appendiksi bulunan hastaların median elastisite değeri (25 kPa), apandisiti olmayan hastaların (10,4 kPa) ve sağlıklı gönüllülerin (8.3 kPa) appendikslerinin median elastisite değerlerine göre anlamlı olarak daha yüksektir. Bu sonuçlar SWE tekniğinin enflame appendiks ile normal appendiksi ayırabileceğini göstermektedir. 12.5 kPa cut-off değeri olarak kabul edildiği zaman akut apandisit kuşkusu bulunan hastalarda yöntemin sensitivitesi %93, spesifitesi ise %100 olarak bulunmuştur. SWE'nin yüksek spesifiteye sahip olması nedeniyle appendiksin elastisite ölçümü, morfolojik gri skala US bulgularına destekleyici bilgi sağlayabilir. Bu çalışmanın tekrarlanabilirliği daha geniş kohort gruplarıyla incelenmelidir.

Bizim çalışmamız akut apandisit tanılı 36 hasta ile 48 kontrol grubu hastasından oluşan toplam 84 hasta ile yapılmış olup önceki çalışmalara göre daha fazla sayıda olgu içermektedir. Bu hastaların büyük çoğunluğunu çocuklar ve genç erişkinler oluşturmakta olup %92'si (n=77) 30 yaşın altındaydı. Yaş dağılımının bu şekilde olması en başta abdominal yağ dokusunun bu yaş grubunda daha ince olması ve buna bağlı olarak appendiksin daha kolay değerlendirilebilmesiyle ilişkili bir durumdur. Appendiksin daha net değerlendirilebildiği olgularda elastisite ölçümlerinin güvenilirliği de beraberinde artmaktadır. Bunun dışında akut apandisit görölme sıklığı, lenfoid doku miktarının daha fazla olması sebebiyle genç hastalarda daha fazladır. Tüm bu sebeplerden ötürü çalışmamızı, hastaların çoğunluğu çocuklar ve genç erişkinlerden oluşacak şekilde yapmayı planladık.

Tüm olgularda SWE tekniğiyle elastisite ölçümü yapılmadan önce gri-skala US ile ön değerlendirme yapılarak appendiks çapı, lamina propria ve submukoza kalınlıkları ölçülmüştür. Akut apandisitte çap artışı (≥ 6 mm) ve lamina propria ve submukoza kalınlıklarında artış beklenen bulgular olup (108) çalışmamızda da hasta grubunda anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ($p < 0.001$). Ancak appendiks çapında artış her vakada görülmeyebilir. Zira çalışmamızdaki 15 hastanın appendiksinde çap artışı olmasına rağmen apandisit bulunmamaktaydı. Bunun sebebi sağ alt kadranda ağrıya neden olabilecek diğer enflamatuvar nedenlerden ötürü akut apandisit bulunmamasına rağmen appendiks çapında artış görülebilmektedir (109). Diğer yandan, akut apandisit nedeniyle opere edilen 1 hastada çap artışı bulunmamaktadır. Appendiks çapı, gri skala US'deki diğer bulgularla birlikte değerlendirildiğinde, 34 hastada gerçek pozitif, 2 hastada yalancı pozitif; 46 hastada gerçek negatif, 2 hastada ise yalancı negatif tanı konulmuştur. Yalancı pozitif 2 olguda klinik tablonun kendiliğinden düzelmesi nedeniyle akut apandisit bulunmadığı anlaşılmıştır. Yalancı negatif 2 olguda ise akut apandisit kuşkusunun devam etmesi nedeniyle cerrahi tedavi uygulanmıştır. Histopatolojik incelemede bu olgularda hafif derecede enflamasyonu bulunan (skor=1) akut apandisit var olduğu anlaşılmıştır.

Akut apandisit tanılı hasta grubuyla kontrol hasta grubunun SWE appendiks elastisite değerleri karşılaştırıldığında aralarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur. Diğer bir deyişle appendiks enflame ise dokunun sertliğinde artış olacak ve bu artış sonucu SWE ölçümlerinde elastisite değerleri yüksek olarak bulunacaktır. Bu sonuçlar daha önce yapılmış olan çalışmaların sonuçlarıyla örtüşmektedir. Önceki çalışmalardan farklı olarak bizim çalışmamızda, akut apandisit nedeniyle opere edilen hastaların appendikslerindeki enflamasyon yoğunluğu nötrofil sayısına göre semikantitatif olarak da derecelendirilmiştir. Bu derecelendirmenin yapılmış olması, akut apandisitli olguların enflamasyon skorlarıyla SWE elastisite değerleri arasındaki ilişkiyi değerlendirme imkanı sağlamıştır. Yapılan analizde enflamasyon yoğunluğu arttıkça, SWE ölçümlerindeki elastisite değerlerinin de bununla korele biçimde artış gösterdiği görülmüştür. Enflamasyonun artışıyla beraber dokunun sertliğinde de artış olmasının ödem ve nötrofil infiltrasyonun yarattığı bir değişiklik olabileceğini düşünmekteyiz. Enflamasyonun histopatolojik derecesi ile SWE verileri arasında korelasyon olması, SWE bulgularının önemini ortaya koymaktadır. Enflamasyonun yoğunluğu arttıkça perforasyon riski de artacaktır. SWE tekniği ile elastisite ölçümü yapılması perforasyon riski

yüksek olguları önceden tahmin etme imkanını sağlayabilir. Bu bilgi cerrahın medikal veya cerrahi tedavi arasında bir seçim yapmasını kolaylaştırabilir. Perforasyon riskinin arttığı ön görülen olgularda vakit kaybetmeden operasyon düşünülebilecek iken enflamasyon derecesinin düşük olduğu tespit edilen olgularda ise öncelikle medikal tedaviye yönelim kararı alınmasına katkıda bulunulabilir.

Yapılan ROC eğrisi analizine göre SWE tekniği için cut-off değeri 20.25 kPa olarak belirlenmiş olup belirlenen bu değere göre sensitivite ve spesifisite oranları sırasıyla %79 ve %63 olarak hesaplanmıştır. Cha ve ark'nın yaptığı çalışmada (105) ise akut apandisit için SWE elastisite cut-off değeri 12.5 kPa olarak belirlenmiştir. Bizim çalışmamızda cut-off değerinin yüksek olmasının, sensitivite ve spesifite oranlarının ise düşük olmasının öncelikle kullanılan cihazların farklı teknik özelliklere sahip olmasından kaynaklandığını düşünmekteyiz. Bu çalışmada kullanılan elastografi tekniği 2-D shear wave dalga hızı ölçümü iken bizim çalışmamızda kullandığımız teknik pSWE idi. Shear wave dalga hızı ölçümünde 1-2 mm çaplarında ROI kullanılabiliyor iken pSWE tekniği sadece büyük ve sabit boyutlu bir ROI kullanımına izin vermektedir. Bu durum da pSWE tekniğinde appendiks dışı dokuların da ROI içerisine girmesine sebep olmakta ve ölçümlerin güvenilirliğini azaltmaktadır. Özellikle appendiksin derin yerleşimli olduğu ve çap artışı göstermediği olgularda yapılan elastisite ölçümlerinin bu sebepten ötürü gerçek değerlerinin üzerinde olması muhtemeldir. Keza çalışmamızdaki akut apandisit olmayan 47 hastanın 18'inde (%38) SWE elastisite değerleri cut-off değerinin üzerinde bulunmuştur. Bu sonuç aynı zamanda normal appendikste elastisite ölçümünün optimizasyonunun enflame appendikse göre daha zor olmasıyla da ilişkilidir. Enflame appendikste çap artışı olması nedeniyle ROI'nin appendiks dışı dokuları içermeyecek şekilde yüzeye daha yakın bir lokalizasyona yerleştirilmesi mümkün olmaktadır. Ayrıca enflame appendiksin lümeninin oblitere olması nedeniyle ölçümlerde sapmaya neden olabilecek lümen içi gazın bulunmaması da bir diğer avantajdır. Normal appendiksin ise küçük boyutlu olması itibarıyla sabit boyuttaki ROI'nin appendiks dışı dokuları da içirme olasılığı daha fazla olmaktadır. Bununla birlikte normal çaptaki bir appendiksin, enflame ve distandü görünümdeki bir appendikse göre yüzeyden daha uzakta olması nedeniyle prob basısı uygulanmak zorunda kalınması ve normal appendikste lümenal havanın bulunması da ölçümleri zorlaştırmakta ve güvenilirliğini azaltmaktadır.

Sensitivite ve spesifite oranlarımızın bu denli düşük olmasının diğerk bir sebebi olarak ise normal appendiks elastisite ölçümünün optimize edilmesindeki zorluklardan kaynaklandığını düşünmekteyiz; çünkü ölçümün optimal şartlarda yapılamaması normal appendiksin sahip olduğundan daha yüksek, diğerk bir deyişle enflame appendikse yakın bir elastisite değerkinde ölçülmesine neden olabilmektedir. Ölçümlerin optimizasyonundaki zorlukların yaratabileceğı yanılğılar nedeniyle akut apandisit lehine anlamlı kabul ettiğimiz cut-off değerkini de yüksek bir düzeyde belirlememiz gerekmektedir. Çalışmamızda gri skala US’de normal bulgulara sahip, hafif derecede enflamasyonu (skor=1) bulunan 2 akut apandisitli olguda appendiks SWE elastisite değerkleri cut-off değerkinin altında bulunmuştur (8.7 ve 10.7 kPa). Bu sonuçlara dayanarak akut apandisitte elastisite değerkinde artış olduğunu her ne kadar destekliyor olsak da pSWE ile yapılan elastisite ölçümünün özellikle hafif enflamasyonlu olgularda tek başına güvenilirliğinin düşük olduğunu ve bu verilerin mutlaka gri skala bulgularıyla kombine edilerek değerklendirme yapılmasının önemli olduğunu düşünmekteyiz.

Çalışmamız dahilindeki 1 hastada negatif appendektomi yapılmıştır. Bu hastanın gri skala US bulguları normal olarak değerklendirilmiştir. Ayrıca SWE elastisite değerki de 3,9 kPa ölçülmüş olup cut-off değerkinin altındadır. Ancak klinik açıdan akut apandisit kuşkusunun devam etmesi nedeniyle cerrahi yaklaşıma karar verilmiştir. Akut apandisitli 8 olguda ise perforasyon gelişmiştir. Cha ve ark’nın yaptığı çalışmada (105) perfore akut apandisitli olgular, gangrenöz değışikliklerin dokuda yumuşamaya neden olabileceğı düşünülerek çalışma dışı bırakılmıştır. Çalışmamızda ise perfore apandisit olgularında SWE elastisite değerklerinde azalma tespit edilmemiş olup aksine perfore olmayan akut apandisit olgularına göre daha yüksek değerklerde ölçümler elde olunmuştur. Bunu, perfore akut apandisitte enflamasyonun oldukça ileri bir düzeye ulaşmış olmasıyla açıklamak mümkündür.

Çalışmamızdaki olguların Alvarado skorları ile lökosit sayısı ve CRP gibi laboratuvar bulgularını incelediğimizde akut apandisitli vakalarda bu üç parametrede de istatistiksel olarak anlamlı bir artış mevcut olduğunu tespit ettik. Lökosit sayısı ve CRP değerklerinin enfektif durumlarda arttığı bilinmekte olup bu değerklerdeki artış birçok enfektif ve enflamatuvar hastalıkta tanıyı destekleyici bulgu olarak kullanılmaktadır (110). Bununla birlikte Alvarado skorlaması da akut apandisit tanısında halen kullanılmakta olan bir antite olup akut apandisit kuşkusunu derecelendirmede ve klinik yaklaşımda yararlı olduğu bilinmektedir (111). Bunun dışında bu üç parametre ile enflamasyonun histopatolojik sınıflaması arasındaki ilişkiye

baktığımızda Alvarado skoru ile lökosit sayısındaki artışın enflamasyon derecesiyle korele biçimde artış gösterdiğini görmekteyiz. Alvarado skorlamasının içerdiği kriterler itibariyle histopatolojik sınıflama ile korelasyon göstermesi beklenen bir durumdur. Aynı şekilde histopatolojik sınıflamanın nötrofil sayısına göre yapılmış olması nedeniyle de lökosit sayısı ile enflamasyon yoğunluğunun ilişkili olması da olağandır. Ancak CRP değerleri ile enflamasyonun histopatolojik derecesi arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır. Hatta çalışmamızdaki bazı akut apandisit vakalarında CRP düzeyleri normal sınırlar içerisindeydi. Goertz ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise CRP ile ARFI elastografi değerleri arasında anlamlı ilişki bulunmamıştır (97). Yapılan başka bir çalışmada ise akut apandisit tanısında lökositoz varlığının sensitivitesi %85, spesifitesi %72 iken CRP artışının sensitivitesi %65, spesifitesi %68 olarak bildirilmiştir (112).

BT'nin yaratacağı radyasyon maruziyetinden kaçınmanın özellikle çocuk hastalarda daha büyük önem taşıması sebebiyle bu çalışmadaki olgular, DSÖ'nün çocukluk ve gençlik için sınır kabul ettiği 15 yaş ve altı ile 15 yaş üstü olacak şekilde iki ayrı grupta karşılaştırılarak da incelenmiştir (94). Bu gruplandırma sonrası yapılan analizin sonuçlarına göre, 15 yaş ve altı hasta grubundaki olguların SWE appendiks elastisite değerleri ile histopatolojik enflamasyon dereceleri arasında pozitif yönde korelasyon mevcut iken 15 yaş üstü hastalarda bu veriler arasında korelasyon saptanmamıştır. Bu sonuçların yaş gruplarına göre farklılık göstermesinin en önemli sebebinin abdominal yağ kalınlığının yaşla birlikte artış göstermesi olduğunu düşünmekteyiz. SWE elastografide ölçüm yapılan dokunun derinliği arttıkça elde olunan değerlerdeki sapmalar da o denli fazla olacaktır. Ayrıca abdominal yağ dokusu arttıkça appendiksi görmek zorlaşmakta hatta bazen imkansız hale gelmektedir. Bu hastalarda görüntü elde edebilmek de bazen sadece prob basısıyla mümkün olabilmektedir. Artan prob basısı da enflame olmayan bir appendikste bile dokunun yüksek bir elastisite değerinde ölçülmesine neden olacaktır.

Ultrason uygulamasında hasta ile tümüyle kooperasyon şarttır. Özellikle SWE elastografisi ile ölçüm yapıldığı esnada hastanın hareket etmemesini ve karın kaslarını olabildiğince gevşek bırakmasını sağlamak gereklidir. Bunların yapılamadığı durumlarda ölçümlerin hatalı olma olasılığı oldukça yüksektir. Bu etmenlerin dışında US değerlendirme yapan uygulayıcının da dikkat etmesi gereken birkaç nokta bulunmaktadır. Dışardan uygulanan basıncın SWE ölçümlerini etkileyebilmesi nedeniyle appendiksin görülebileceği şekilde en az bası uygulanarak

ölçüm yapılması gerekmektedir. ROI'nin appendiksin daha yüzeyel kesimlerine yerleştirilmesi ve ROI içerisine appendiks ve çevre yağlı doku dışındaki diğer dokuların girmesinden kaçınılması da bir diğer gerekliliktir. Tüm bunların dışında hastanın solunum hareketleri de ölçümün doğruluğunu etkileyebileceği için SWE ölçümünün ekspiryumun sonuna, hastanın karın kaslarının daha az kasılı olduğu ana denk getirilmesi de daha optimal sonuçların elde edilmesini sağlayacaktır. Tüm bu koşulların bir arada sağlanabilmesinin zorlayıcı olması nedeniyle doğru ölçüm yapıldığından emin olunabilmesi bazı hastalarda ölçümlerin defalarca tekrar edilerek kontrol edilmesini gerektirmektedir. Bu durum, ölçüm sonuçlarının güvenilirliğini sınırlandırmaktadır.

6. SONUÇ

Elastografi yöntemi gastrointestinal sistem patolojilerinin değerlendirilmesinde de uygulanabilir. Akut apandisit de; appendiksin gri-skala US'de görülebilmesi halinde; bu içeriğe dahildir. Enflamasyona bağlı dokunun sertleşmesi nedeniyle enflamasyon yoğunluğuna göre pSWE tekniğiyle ölçülen appendiks elastisite değerlerinde anlamlı bir artış görülmektedir. Ancak bu anlamlı değişiklik sadece orta ve şiddetli enflamasyon durumlarında olmaktadır. Gri skala US'de tespit edilemeyen, hafif enflamasyon yoğunluğundaki erken evre akut apandisit tanısında pSWE tek başına yetersizdir. Gri skala US'de tespit edilebilen akut apandisitli olgularda ise SWE elastisite değerlerinde, enflamasyon yoğunluğu nispetinde artış görülmektedir. Bu veriden yola çıkarak, akut apandisit teşhisi konulan hastalarda, SWE yönteminin yardımıyla enflamasyonun yoğunluğu hakkında yorum yapılabilir. Bu bilgi, hastaya klinik yaklaşım konusunda karar verilmesine yardımcı olabilir.

Ölçümlerin optimizasyonunun birçok koşulun aynı anda sağlanmasını gerektirmesi nedeniyle zor olması, SWE yönteminin güvenilirliğini sınırlandırmaktadır. Bununla birlikte pSWE'de ROI boyutunun sabit olması, appendiks dışı dokuların da inceleme alanına girmesine ve hatalı ölçümlere neden olabilmektedir. Bu konuyla ilgili gelecekte yapılacak çalışmaların 2-D veya 3-D shear-wave hız dalga ölçümü gibi noktasal ROI kullanılarak ölçüm gerçekleştiren yöntemlerle yapılması daha doğru olacaktır.

7. ÖZET

Giriş ve Amaç: Akut apandisit en sık cerrahi gerektiren akut batın sebebidir. Gri-skala ultrasonografi (US) tanıda ilk basamak görüntüleme yöntemidir. US bulgularının tanısal performansı yüksektir ancak gri-skala US bulgularının tanıda yetersiz kaldığı durumlar bulunması nedeniyle non-invaziv, radyasyon ve kontrast madde maruziyetine neden olmayan tekrarlanabilir yeni yöntemlere ihtiyaç vardır. Enflame appendiksin sertliğinde artış olacağı hipotezinden yola çıkarak planlanan bu çalışmanın amacı shear-wave elastografi US incelemenin akut apandisit tanısındaki yerini araştırmak ve enflamasyon yoğunluğuyla olan ilişkisini histopatolojik bulgularla karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir.

Gereç ve Yöntem: İleri dönük olarak planlanan bu çalışmanın öncesinde etik kurul onayı alınmış olup her hastadan muayene öncesinde bilgilendirme sonrası aydınlatılmış onam formları elde olunmuştur. Karın ağrısı şikayeti nedeniyle başvuran ve akut apandisit ön tanısı bulunan tüm hastalara tüm abdomen US incelemesi yapıldıktan sonra bu hastalar içerisinde appendiksi değerlendirilebilen 84'ünde çap, lamina propria kalınlığı ve submukoza kalınlığı gibi gri-skala US bulgularına ek olarak SWE US tekniği ile appendiks elastisitesi ölçülmüştür. Hasta grubu 36, kontrol grubu ise 48 kişiden oluşmaktadır. Opere edilen hastalarda enflamasyon olup olmadığı histopatolojik olarak doğrulanmış olup akut apandisit tanısı alanlarda enflamasyon yoğunluğuna göre semikantitatif skorlama yapılmıştır. SWE'nin akut apandisitteki tanısal performansı, ROC analizleri yapıldıktan sonra duyarlılık, özgüllük, pozitif öngörü değeri (PÖD), negatif öngörü değeri(NÖD) hesaplanarak değerlendirilmiştir.

Bulgular: SWE US elastografi tekniğiyle yapılan ölçümlere göre appendiks elastisite değerleri hasta grubunda ortalama 40,04 kPa,; kontrol grubunda ise ortalama 21,65 kPa ölçülmüş olup iki grup arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.001$). ROC eğrisi analizinde eğri altında kalan alan 0,749 hesaplanmış olup cut-off değeri 20,25 kPa olarak belirlenmiştir. Bu değere göre shear-wave elastografi US ölçümünün akut apandisit tanısında sensitivitesi %77, spesifitesi ise %65 olarak hesaplanmıştır. Histopatolojik değerlendirmeye göre yapılan sınıflandırmada ise elastisite ölçümlerinin median değerleri hafif enflamasyonlu grupta (skor=1) 16,20 kPa, orta şiddette enflamasyonlu grupta (skor=2) 31,85, kPa, şiddetli enflamasyonlu grupta ise (skor=3) 34,20 kPa olarak ölçülmüştür. Enflamasyon şiddetindeki artış ile SWE US ölçüm

değerlerinde artış arasında korelasyon mevcut olup istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p<0.001$).

Sonuç: Enflamasyona bağlı dokunun sertleşmesi nedeniyle enflamasyon yoğunluğuyla birlikte SWE yöntemindeki appendiks elastisite değerlerinde anlamlı bir artış görülmektedir. Ancak bu anlamlı değişiklik sadece orta ve şiddetli enflamasyon durumlarında olmaktadır. Gri skala US'de tespit edilebilen akut apandisitli olgularda SWE elastisite değerlerinde, enflamasyon yoğunluğu nispetinde artış görülmektedir. Bu veriden yola çıkarak, akut apandisit teşhisi konulan hastalarda, SWE yönteminin yardımıyla enflamasyonun yoğunluğu hakkında yorum yapılabilir.

Anahtar Kelimeler: Ultrasonografi, Elastografi, Shear-wave, Akut apandisit

8. ABSTRACT

Introduction: Acute appendicitis is the most common cause of acute abdomen requiring surgery. Gray-scale ultrasonography (US) is the first line imaging method in diagnosis. The diagnostic performance of US is good, but there is a need for non-invasive, repeatable new methods that don't cause contrast or radiation exposure, because gray-scale US findings are sometimes inadequate in diagnosis. The aim of this study is to investigate the role of shear-wave elastography in the diagnosis of acute appendicitis and to evaluate its relationship with the intensity of inflammation in comparison with histopathological findings.

Materials and Methods: Ethics committee approval was obtained prior to this study which was planned prospectively and informed consent forms were obtained from each patient before the examination. After abdominal US examination is done for all patients presenting with abdominal pain and had pre-diagnosis of acute appendicitis; for 84 of these patients, the elasticity of appendix is measured by SWE US technique in addition to gray-scale US findings such as diameter, lamina propria and submucosal thickness. The patient group consisted of 36 people and the control group consisted of 48 people. The presence of inflammation in the operated patients was confirmed histopathologically and semiquantitative scoring was performed according to the intensity of inflammation in patients diagnosed with acute appendicitis. The diagnostic performance of SWE in acute appendicitis was evaluated by calculating sensitivity, specificity, positive predictive value (PPV) and negative predictive value (NPV) after ROC analysis.

Results: According to the measurements obtained by SWE US elastography technique, mean appendix elasticity values were 40.04 kPa in the patient group and 21.65 kPa in the control group and the difference between the two groups was statistically significant ($p < 0.001$). In the ROC curve analysis, the area under the curve was calculated as 0.749 and the cut-off value was determined as 20.25 kPa. According to this value, the sensitivity and specificity of shear-wave elastography US measurement in the diagnosis of acute appendicitis was calculated as 77% and 65%, respectively. In the classification according to histopathological evaluation, the median values of the elasticity measurements were 16.20 kPa in the mild inflammation group (score = 1), 31.85 in the moderate inflammation group (score = 2), and 31.85 in the severe inflammation

group (score = 3) 34,20. kPa. There was a correlation between increase in inflammation severity and SWE US measurement values and the difference was statistically significant ($p < 0.001$).

Conclusion: Because of the increase in stiffness of the tissue due to the inflammation, there is a significant increase in the appendix elasticity values in SWE. However, this significant change occurs only in cases of moderate and severe inflammation. In patients with acute appendicitis which can be detected in gray scale US, SWE elasticity values increase in relation to the intensity of inflammation. Based on this data, the intensity of inflammation can be interpreted with the help of SWE method in patients diagnosed with acute appendicitis.

Keywords: Ultrasonography, Elastography, Shear-wave, Acute appendicitis

9. KAYNAKLAR

1. Deaver JBP. Appendicitis. JAMA. 1928;90(21):1679-1683.
2. McMurrich, J. Playfair. Leonardo Da Vinci, the Anatomist (1452-1519). Baltimore: Pub. for Carnegie institution of Washington by the Williams & Wilkins Company, 1930.
3. Fernel J: Universa Medicina 1554. In Major R: Classic Description of Disease. Springfield, Charles C Thomas, p 614, 1932
4. De Moulin D. Historical notes on appendicitis. Archivum chirurgicum Neerlandicum. 1975;27(2):97.
5. Meade RH. The evolution of surgery for appendicitis. Surgery. 1964;55(5):741-52.
6. Bright R, Addison T. Elements of the Practice of Medicine. London: Longmans, Green & Co, Inc; 1839.
7. Shepherd J. Acute appendicitis: A historical survey. The Lancet. 1954;264(6833):299-302.
8. Fitz RH. Perforating inflammation of the vermiform appendix: with special reference to its early diagnosis and treatment. American Journal of Medicine Science 1886;92: 321-46.
9. Williams GR. Presidential Address: A history of appendicitis. With anecdotes illustrating its importance. Annals of surgery. 1983;197(5):495.
10. McBurney C. The incision made in the abdominal wall in cases of appendicitis, with a description of a new method of operation. Annals of Surgery 1894; 20: 38-43.
11. Wakeley CP. The position of the vermiform appendix as ascertained by an analysis of 10,000 cases. Journal of anatomy. 1933;67(Pt 2):277.
12. Schwartz S and Ellis H. Appendix. In: Schwartz S and Ellis H eN, Connecticut: Maingot's Abdominal Operations. 9th ed. Norwalk, CT: Appleton & Lange; 1990, pp 953-77.
13. Robinson J. Congenital absence of vermiform appendix. British Journal of Surgery. 1952;39(156):344-5.
14. Kothari AA, Yagnik K, Hathila V. Duplication of vermiform appendix. Journal of postgraduate medicine. 2004;50(4):285.
15. Jaffe BM, Berger DH. The appendix. Schwartz Principles of Surgery, 8th ed, Schwartz SI, Brunnicardi CF (Eds) Mc Graw-Hill Health Pub Division, New York. 2005. 1383-1395.
16. Smink D, Soybel D. Appendix. In: Zinner MJ, Ashley SW eds. Maingot's Abdominal Operations 11 th Edition. Boston: The McGraw-Hill Companies, 2007; 589-590.
17. Spencer S, F. D. Galloway. Appendix Principles of Surgery 7. edition 1999;1383-94.
18. Cev M, Bozfakioğlu Y. Apendiks hastalıkları. Değerli Ü (editör). Cerrahi gastroenteroloji. 2. Baskı, İstanbul: Nobel Tıp Kitapevi, 1989:258-273
19. Adamidis D, Roma-Giannikou E, Karamolegou K, et al. Fiber intake and childhood appendicitis. Int J Food Sci Nutr 2000; 51: 153-157.

20. Başaklar C. Çocuklarda travma ve akut karın.I. Baskı, Ankara: Palme Yayıncılık, 1994:217-225.
21. Gotohda N, Itano S, Okada Y, Horiki S, Endo A, Terada N, et al. Acute appendicitis caused by amebiasis. *Journal of gastroenterology*. 2000;35(11):861-3.
22. Murch SH. Diarrhoea, diagnostic delay, and appendicitis. *The Lancet*. 2000;356(9232):787.
23. Anderson KD, Parry RL: Appendicitis. O'Neill JA, Rowe MI, Grosfeld JL, Fonkalsrud EW, Coran AG. (editors). *Pediatric Surgery*. 5. Baskı, Missouri: Mosby-Year Book, 1998: 1369-1379.
24. Paik SY, Oh JT, Choi YJ, et al. Measles-related appendicitis. *Arch Pathol Lab Med* 2002; 126:82-84.
25. Richards ML, Aberger FJ, Landercasper J. Granulomatous appendicitis: Crohn's disease, atypical Crohn's, or not Crohn's at all? *Journal of the American College of Surgeons*. 1997;185(1):13-7.
26. Kham GM, Grillo IA, Abu-Eshy SA, et al. Pathology of the appendix. *J Natl Med Assoc* 2000; 92: 535-535.
27. Ramsook C. Traumatic appendicitis: fact or fiction? *Pediatric emergency care*. 2001;17(4):264-6.
28. Kao C-T, Tsai J-D, Lee H-C, Wang N-L, Shih S-L, Lin C-C, et al. Right perinephric abscess: a rare presentation of ruptured retrocecal appendicitis. *Pediatric nephrology*. 2002;17(3):177-80.
29. Gofrit ON, Abu-Dalu K. Perforated appendicitis in the child: Contemporary experience. *Isr Med Assoc J* 2001; 3:262-265.
30. Addiss DG, Shaffer N, Fowler BS, Tauxe RV. The epidemiology of appendicitis and appendectomy in the United States. *Am J Epidemiol* 1990; 132:910-925.
31. Blewett CJ, Krummel TM, editors. *Perforated appendicitis: past and future controversies. Seminars in pediatric surgery*; 1995.
32. Graffeo CS, Counselman FL. Appendicitis. *Emerg Med Clin North Am* 1996;14:653-71.
33. Luckman R. Incidence and case fatality rates for acute appendicitis in California. *American Journal of Epidemiol* 1989;129:905-18.
34. Berry Jr J, Malt RA. Appendicitis near its centenary. *Annals of surgery*. 1984;200(5):567.
35. Pieper R, Kager L, Näsman P. Acute appendicitis: a clinical study of 1018 cases of emergency appendectomy. *Acta Chirurgica Scandinavica*. 1982;148(1):51-62.
36. Ricci M, Trevisani M, Beck W. Acute appendicitis. A 5-year review. *The American surgeon*. 1991;57(5):301-5.
37. Silberman VA. Appendectomy in a large metropolitan hospital: retrospective analysis of 1,013 cases. *The American Journal of Surgery*. 1981;142(5):615-8.
38. Barker D, Morris J, Nelson M. Vegetable consumption and acute appendicitis in 59 areas in England and Wales. *Br Med J (Clin Res Ed)*. 1986;292(6525):927-30.

39. Lichtner S, Pflanz M. Appendectomy in the Federal Republic of Germany: epidemiology and medical care patterns. *Medical care*. 1971;9(4):311-30.
40. Burkitt DP. The aetiology of appendicitis. *Br J Surg* 1971;58:695-9.
41. Basta M, Morton N, Mulvihill J, Radovanović Z, Radojčić C, Marinković D. Inheritance of acute appendicitis: familial aggregation and evidence of polygenic transmission. *American journal of human genetics*. 1990;46(2):377.
42. Walker A, Walker B. Appendectomy in South African inter-ethnic school pupils. *American Journal of Gastroenterology*. 1987;82(3).
43. Incesu L TC, DiPiro PJ, Coombs BD, Schmiedl UP, Krasny RM, Lin EU. Apendicitis. 2002. [http:// www.emedicine.com/radio/topic47. html](http://www.emedicine.com/radio/topic47.html).
44. Akin H. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Yayınları, Sayı:318. Cerrahi Ders Kitabı Ankara Üniversitesi Yayınları 1975. Ana Çizgileriyle Akut Karın S:381-428
45. Rao P, Rhea J, Novelline R, McCabe C, Lawrason J, Berger D, et al. Helical CT technique for the diagnosis of appendicitis: prospective evaluation of a focused appendix CT examination. *Radiology*. 1997;202(1):139-44.
46. Hung OL, Nelson L. Tintinalli's emergency medicine: a comprehensive study guide: McGraw-Hill New York; 2004.
47. Feng Y-Y, Lai Y-C, Su Y-J, Chang W-H. Acute perforated appendicitis with leukopenic presentation. *The American journal of emergency medicine*. 2008;26(6):735. e3-. e4.
48. Zielke A, Hasse C, Sitter H, Rothmund M. Influence of ultrasound on clinical decision making in acute appendicitis: a prospective study. *The European journal of surgery*. 1998;164(3):201-9.
49. Tarjan M ME, Winternitz T, Kiss I, Kalman A. The value of ultrasonic diagnosis in acute appendicitis. *Orv Hetil*. 1995;136 (14):713-7.
50. Taviloglu K. Akut apandisit ve apandiks hastalıkları. ed: Kalaycı G, Genel Cerrahi cilt 1 Nobel Tıp (Kitapevi). 2002;259-268 *Emerg Med*. 1991;20:45-50.
51. Howell JM, Eddy OL, Lukens TW, Thiessen ME, Weingart SD, Decker WW. Clinical policy: critical issues in the evaluation and management of emergency department patients with suspected appendicitis. *Annals of emergency medicine*. 2010;55(1):71-116.
52. Joffe N. Radiology of acute appendicitis and its complications. *CRC critical reviews in clinical radiology and nuclear medicine*. 1975;7(2):97.
53. Lee P. The plain X-ray in the acute abdomen: A surgeon's evaluation. *British Journal of Surgery*. 1976;63(10):763-6.
54. Graffeo CS, Counselman FL. Appendicitis. *Emergency medicine clinics of North America*. 1996;14(4):653-71.
55. El Ferzli G, Ozuner G, Davidson P, Isenberg J, Redmond P, Worth Jr M. Barium enema in the diagnosis of acute appendicitis. *Surgery, gynecology & obstetrics*. 1990;171(1):40-2.
56. Deutsch A, Leopold G. Ultrasonic demonstration of the inflamed appendix: case report. *Radiology*. 1981;140(1):163-4.

- 57., Puylaert JB, Rutgers PH, Lalisang RI, de Vries BC, van der Werf SD, Dörr JP, et al. A prospective study of ultrasonography in the diagnosis of appendicitis. *New England Journal of Medicine*. 1987;317(11):666-9.
58. Abu-Yousef MM, Bleicher JJ, Maher JW, Urdaneta LF, Franken Jr E, Metcalf A. High-resolution sonography of acute appendicitis. *American Journal of Roentgenology*. 1987;149(1):53-8.
59. Jeffrey Jr R, Laing FC, Townsend RR. Acute appendicitis: sonographic criteria based on 250 cases. *Radiology*. 1988;167(2):327-9.
60. Borushok KF, Jeffrey Jr RB, Laing FC, Townsend RR. Sonographic diagnosis of perforation in patients with acute appendicitis. *AJR American journal of roentgenology*. 1990;154(2):275-8.
61. Birnbaum BA, Wilson SR. Appendicitis at the millennium 1. *Radiology*. 2000;215(2):337-48.
62. Balthazar EJ, Rofsky NM, Zucker R. Appendicitis: the impact of computed tomography imaging on negative appendectomy and perforation rates. *The American journal of gastroenterology*. 1998;93(5):768-71.
63. Malone Jr AJ, Wolf CR, Malmed AS, Melliore BF. Diagnosis of acute appendicitis: value of unenhanced CT. *AJR American journal of roentgenology*. 1993;160(4):763-6.
64. Lane MJ, Katz DS, Ross BA, Clautice-Engle TL, Mindelzun RE, Jeffrey Jr RB. Unenhanced helical CT for suspected acute appendicitis. *AJR American journal of roentgenology*. 1997;168(2):405-9.
65. Schuler JG, Shortsleeve MJ, Goldenson RS, Perez-Rossello JM, Perlmutter RA, Thorsen A. Is there a role for abdominal computed tomographic scans in appendicitis? *Archives of surgery*. 1998;133(4):373-7.
66. Rao PM, Rhea JT, Novelline RA, Mostafavi AA, Lawrason JN, McCabe CJ. Helical CT combined with contrast material administered only through the colon for imaging of suspected appendicitis. *AJR American journal of roentgenology*. 1997;169(5):1275-80.
67. Choi D, Park H, Lee Y, Kook SH, Kim S, Kwag H, et al. The Most Useful Findings for Diagnosing Acute Appendicitis on Contrast-Enhanced Helical Ct. *Acta radiologica*. 2003;44(6):574-82.
68. Federle MP. Focused appendix CT technique: a commentary. *Radiology*. 1997;202(1):20-1.
69. Weltman, D. I., Yu, J., Krumenaker, J., Huang, S. M., & Moh, P. P. Comparison of 5mm and 10mm CT sections in the same patient in the diagnosis of acute appendicitis. *Radiology*. 1998;209:368-368.
70. Cobben L, Groot I, Kingma L, Coerkamp E, Puylaert J, Blickman J. A simple MRI protocol in patients with clinically suspected appendicitis: results in 138 patients and effect on outcome of appendectomy. *European radiology*. 2009;19(5):1175-83.
71. Herliczek TW, Swenson DW, Mayo-Smith WW. Utility of MRI after inconclusive ultrasound in pediatric patients with suspected appendicitis: retrospective review of 60 consecutive patients. *American Journal of Roentgenology*. 2013;200(5):969-73.

72. Turhan AN KS, Kütükçü E, Yiğitbaş H, Aygün E. Akut Apandisitte Nonoperatif Takip ve Tedavi. Bakırköy Tıp Dergisi 2006; 2(4): 134-136.
73. Turhan AN, Kapan S, Kutukcu E, Yigitbas H, Hatipoglu S, Aygun E. Comparison of operative and non operative management of acute appendicitis. Ulus Travma Acil Cerrahi Derg. 2009;15(5):459-62.
74. Coldrey E. Treatment of acute appendicitis. British medical journal. 1956;2(5007):1458.
75. Zinner J, Ashley W. İnce Bağırsak ve Kolon- Apendisit ve Apendektomi Ed: Andincan A, Maingot Abdominal Operasyonlar, I. Baskı, Nobel Tıp Kitabevi, İstanbul, 2008; 589-612.
76. Kalaycı G AK, Demirkol K. Akut Apandisit ve Apandisit Hastalıkları. Ed: Kalaycı G. Genel Cerrahi. I. Baskı. Nobel Tıp Kitabevleri. İstanbul; 2002: 259-270.
77. Zollinger MR. Apendektomi. Eds: Özmen MM, Sayek İ. Zollinger'in Cerrahi Atlası. Sekizinci Baskı. Güneş Kitabevi. Ankara; 2003: 116-118.
78. Garra BS. Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound. Ultrasound Q 2007;23(4):255-68
79. Krouskop TA, Dougherty DR, Vinson FS. A pulsed Doppler ultrasonic system for making noninvasive measurements of the mechanical properties of soft tissue. J Rehabil Res Dev 1987;24(2):1-8
80. Bamber J, Cosgrove D, Dietrich CF, Fromageau J, Bojunga J, Calliada F, et al. EF SUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology. Ultraschall Med 2013;34(2):169-84.
81. Onur MR, Poyraz AK, Ucak EE, Bozgeyik Z, Özer can IH, Ogur E. Semiquantitative strain elastography of liver masses. J Ultrasound Med 2012;31(7):1061-7.
82. F., P., Biyofizik. 2. Baskı ed. 1997, Ankara: Hacettepe Taş. 390-4.
83. Ophir, J., et al., Elastography: Optical and acoustic imaging of acoustic media. CR Acad. Sci. Paris, 2001. 2(8): p. 1193-1212.
84. Garra, B.S., Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound. Ultrasound quarterly, 2007. 23(4): p. 255-268.
85. Luo, J., K. Ying, and J. Bai, Elasticity reconstruction for ultrasound elastography using a radial compression: an inverse approach. Ultrasonics, 2006. 44: p. e195-e198.
86. Sebag, F., et al., Shear wave elastography: a new ultrasound imaging mode for the differential diagnosis of benign and malignant thyroid nodules. The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 2010. 95(12): p. 5281-5288.
87. ONUR, M.R. and C. GÖYA, Ultrason Elastografi: Abdominal Uygulamalar. Türkiye Klinikleri Journal of Radiology Special Topics, 2013. 6(3): p. 59-69.
88. Altay C, Seçil M. Sonoelastografinin Temel İlkeleri. Trd Sem 2019; 7: 1-12.
89. Choi K, Kong D, Hah Z, Lee H-K. A reliability index of shear wave speed measurement for shear wave elastography 2015. 1-4 p.
90. Fang C, Jaffer OS, Yusuf GT, Konstantatou E, Quinlan DJ, Agarwal K, et al. Reducing the Number of Measurements in Liver Point Shear-Wave Elastography: Factors that Influence the

Number and Reliability of Measurements in Assessment of Liver Fibrosis in Clinical Practice. *Radiology*. 2018;287(3):844-52. PubMed PMID: 29514018.

91. Choi K, Kong D, Hah Z, Lee H-K, editors. A reliability index of shear wave speed measurement for shear wave elastography. 2015 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS); 2015: IEEE.

92. Mulabecirovic A, Mjelle AB, Gilja OH, Vesterhus M, Havre RF. Repeatability of shear wave elastography in liver fibrosis phantoms-Evaluation of five different systems. *PLoS One*. 2018;13(1):e0189671-e. PubMed PMID: 29293527. eng.

93. Sporea I, Gradinaru-Tascau O, Bota S, Popescu A, Sirli R, Jurchis A, et al. How many measurements are needed for liver stiffness assessment by 2D-Shear Wave Elastography (2D-SWE) and which value should be used: the mean or median? *Medical ultrasonography*. 2013 12/01;15:268-72.

94. The Health of Youth, World Health Organization, May 1989

95. Branchi F, Caprioli F, Orlando S, Conte D, Fraquelli M. Non-invasive evaluation of intestinal disorders: The role of elastographic techniques. *World J Gastroenterol*. 2017 Apr 28;23(16):2832-2840. doi: 10.3748/wjg.v23.i16.2832. Review. PubMed PMID: 28522902; PubMed Central PMCID: PMC5413779.

96. Nylund K, Maconi G, Hollerweger A, Ripolles T, Pallotta N, Higginson A, Serra C, Dietrich CF, Sporea I, Saftoiu A, Dirks K, Hausken T, Calabrese E, Romanini L, Maaser C, Nuernberg D, Gilja OH. EFSUMB Recommendations and Guidelines for Gastrointestinal Ultrasound - Part 1: Examination Techniques and Normal Findings (Long version). *Ultraschall Med* 2016; Epub ahead of print

97. Goertz RS, Lueke C, Schellhaas B, Pfeifer L, Wildner D, Neurath MF, Strobel D. Acoustic radiation force impulse (ARFI) shear wave elastography of the bowel wall in healthy volunteers and in ulcerative colitis. *Acta Radiol Open*. 2019 Apr 17;8(4):2058460119840969. doi: 10.1177/2058460119840969. eCollection 2019 Apr. PubMed PMID: 31024741; PubMed Central PMCID: PMC6472171.

98. Palmeri ML, Frinkley KD, Zhai L, et al. Acoustic radiation force impulse (ARFI) imaging of the gastrointestinal tract. *Ultrason Imaging* 2005;27:75–88.

99. Ishikawa D, Ando T, Watanabe O, et al. Images of colonic real-time tissue sonoelastography correlate with those of colonoscopy and may predict response to therapy in patients with ulcerative colitis. *BMC Gastroenterol* 2011;11:29.

100. Kapoor A, Kapoor A, Mahajan G. Real-time elastography in acute appendicitis. *J Ultrasound Med*. 2010 Jun;29(6):871-7. PubMed PMID: 20498461.

101. Benjaminov O, Atri M, Hamilton P, Rappaport D. Frequency of visualization and thickness of normal appendix at nonenhanced helical CT. *Radiology* 2002; 225:400–406.

102. Quillin SP, Siegel MJ. Appendicitis: efficacy of color Doppler sonography. *Radiology* 1994; 191:557-560.

103. Göya C, Hamidi C, Okur MH, İçer M, Oğuz A, Hattapoğlu S, Cetinçakmak MG, Teke M. The utility of acoustic radiation force impulse imaging in diagnosing acute appendicitis and

staging its severity. *Diagn Interv Radiol*. 2014 Nov;20(6):453-8. doi: 10.5152/dir.2014.13439. PubMed PMID: 25323836; PubMed Central PMCID: PMC4463284.

104. Giuliano V, Giuliano C, Pinto F, Scaglione M. CT method for visualization of the appendix using a fixed oral dosage of diatrizoate--clinical experience in 525 cases. *Emerg Radiol* 2005; 11:281–285.

105. Cha SW, Kim IY, Kim YW. Quantitative measurement of elasticity of the appendix using shear wave elastography in patients with suspected acute appendicitis. *PLoS One*. 2014 Jul 22;9(7):e101292. doi: 10.1371/journal.pone.0101292. eCollection 2014. PubMed PMID: 25051242; PubMed Central PMCID: PMC4106760.

106. Flum DR, Morris A, Koepsell T, Dellinger EP (2001) Has misdiagnosis of appendicitis decreased over time? A population-based analysis. *Jama* 286: 1748–1753.

107. Goldin AB, Khanna P, Thapa M, McBroom JA, Garrison MM, et al. (2011) Revised ultrasound criteria for appendicitis in children improve diagnostic accuracy. *Pediatr Radiol* 41: 993–999.

108. Trout AT, Towbin AJ, Fierke SR, Zhang B, Larson DB. Appendiceal diameter as a predictor of appendicitis in children: improved diagnosis with three diagnostic categories derived from a logistic predictive model. *Eur Radiol*. 2015 Aug;25(8):2231-8. doi: 10.1007/s00330-015-3639-x. Epub 2015 Apr 28. PubMed PMID: 25916384.

109. Ultrasound features of secondary appendicitis in pediatric patients Lyo Min Kwon, Kwanseop Lee, Soo Kee Min, Soo Min Ahn, Hong Il Ha, Min-Jeong Kim *Ultrasonography*. 2018 Jul; 37(3): 233–243. Published online 2017 Aug 25. doi: 10.14366/usg.17029 PMCID: PMC6044217

110. Mohammed AA, Dagham NA, Aboud SM, Oshibi HO. The diagnostic value of C-reactive protein, white blood cell count and neutrophil percentage in childhood appendicitis. *Saudi Med J*. 2004 Sep;25(9):1212-5. PubMed PMID: 15448768.

111. Diagnosis of Acute Appendicitis Using Clinical Alvarado Scoring System and Computed Tomography (CT) Criteria in Patients Attending Gujarat Adani Institute of Medical Science – A Retrospective Study Krishnkant Vaghela, Bhaven Shah *Pol J Radiol*. 2017; 82: 726–730. Published online 2017 Nov 17. doi: 10.12659/PJR.902246 PMCID: PMC5894019

112. White cell count and C-reactive protein measurement in patients with possible appendicitis P Vaughan-Shaw, C Richardson, M Lewis *Ann R Coll Surg Engl*. 2011 Mar; 93(2): 183. doi: 10.1308/003588411X561990 PMCID: PMC3293340

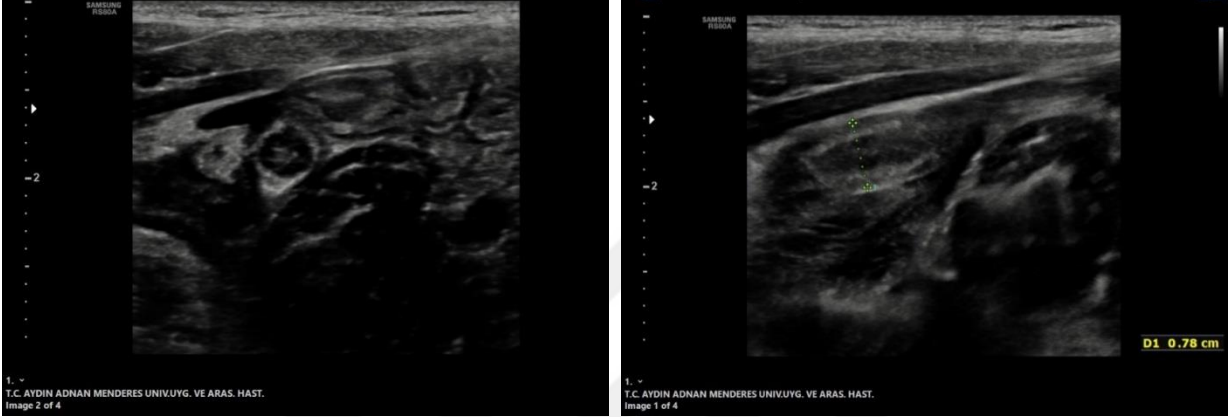
OLGU ÖRNEKLERİ-1



S-Shearwave	Stiffness (kPa)	Stiffness (m/s)	Depth (cm)	RMI
[1]	41.8	3.74	1.3	0.7
[2]	32.4	3.28	1.3	0.7
[3]	39.5	3.63	1.3	0.9
[4]	33.8	3.36	1.3	0.8
[5]	31.9	3.26	1.3	0.7
[6]	32.7	3.30	1.3	0.6
[7]	40.2	3.66	1.3	0.7
[8]	38.2	3.57	1.4	0.6
[9]	31.9	3.26	1.4	0.8
[10]	37.6	3.54	1.4	0.9
Median	35.7	3.45		
IQR/Med.	20.7	10.51		

21 yaşındaki kadın hastada gri-skala US'de appendiks çapı 8.5 ölçülmüş olup çevre yağlı planda ekojenite artışı izlenmiştir. SWE ölçümünde appendiks elastisite median değeri 35.7 kPa olarak bulunmuştur. Opere edilen olgunun histopatolojik incelemesinde şiddetli enflamasyonu bulunan (skor=3) akut apandisit tanısı konulmuştur.

OLGU ÖRNEKLERİ-2



S-Shearwave	Stiffness (kPa)	Stiffness (m/s)	Depth (cm)	RMI
[1]	16.2	2.32	1.4	0.8
[2]	33.6	3.36	1.4	0.6
[3]	26.9	3.00	1.3	0.7
[4]	35.7	3.46	1.3	0.4
[5]	48.6	4.03	1.3	0.6
[6]	42.0	3.74	1.3	0.6
[7]	40.5	3.67	1.3	0.5
[8]	21.2	2.66	1.3	0.7
[9]	28.6	3.09	1.3	0.6
[10]	19.1	2.52	1.3	0.6
Median	31.1	3.22		
IQR/Med.	65.0	33.00		

6 yaşındaki erkek hastada gri-skala US'de appendiks çapı 7.8 mm ölçülmüş olup çevre yağlı dokuda ekojenite artışları izlenmektedir. SWE ölçümünde appendiks elastisite median değeri 31.1 kPa olarak bulunmuştur. Opere edilen olgunun histopatolojik incelemesinde şiddetli enflamasyonu bulunan (skor=3) akut apandisit tanısı konulmuştur.

OLGU ÖRNEKLERİ-3



S-Shearwave	Stiffness (kPa)	Stiffness (m/s)	Depth (cm)	RMI
[1]	33.5	3.34	1.4	0.6
[2]	21.4	2.67	1.4	0.6
[3]	39.4	3.63	1.4	0.6
[4]	48.8	4.03	1.4	0.5
[5]	30.1	3.17	1.4	0.5
[6]	44.1	3.83	1.4	0.6
[7]	39.9	3.65	1.4	0.8
[8]	8.8	1.71	1.4	0.7
[9]	50.2	4.09	1.4	0.8
[10]	44.2	3.84	1.4	0.7
Median	39.7	3.64		
IQR Med.	43.9	23.18		

19 yaşında kadın hastada gri-skala US'de appendiks çapı 3.5 mm ölçülmüş olup çevre yağlı planda ekojenite değişikliği saptanmamıştır. SWE ölçümünde appendiks elastisite median değeri 39.7 kPa ölçülmüş olup cut-off değerinin üzerindedir. Ancak klinik durumu düzelen ve laboratuvar bulguları normal olan olguda akut apandisit düşünülmemiştir.

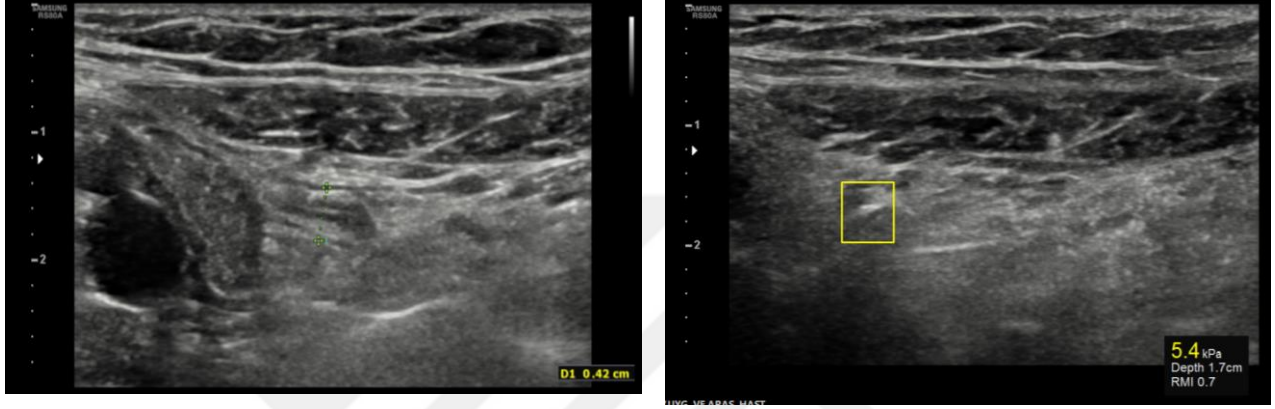
OLGU ÖRNEKLERİ-4



S Shearwave	Stiffness (kPa)	Stiffness (m/s)	Depth (cm)	RMI
[1]	74.4	4.98	1.2	0.8
[2]	68.9	4.79	1.2	0.5
[3]	87.6	5.40	1.4	0.4
[4]	89.8	5.47	1.4	0.4
[5]	41.5	3.72	1.4	0.6
[6]	41.1	3.70	1.4	0.5
[7]	38.9	3.60	1.4	0.5
[8]	39.7	3.64	1.4	0.6
[9]	33.9	3.36	1.4	0.7
[10]	69.3	4.80	1.4	0.5
Median	55.2	4.26		
IOR Med.	69.2	34.20		

6 yaşındaki kız hastada gri-skala US'de appendiks çapı 9,3 mm ölçülmüş olup çevre yağlı planda ekojenite artışı izlenmektedir. SWE ölçümünde appendiks elastisite median değeri 55.2 kPa olarak bulunmuştur. Opere edilen olgunun histopatolojik incelemesinde şiddetli enflamasyonu bulunan (skor=3) akut apandisit tanısı konulmuştur.

OLGU ÖRNEKLERİ-5



S-Shearwave	Stiffness (kPa)	Stiffness (m/s)	Depth (cm)	RMI
[1]	6.3	1.45	1.7	0.4
[2]	8.3	1.66	1.7	0.7
[3]	6.9	1.52	1.7	0.5
[4]	6.2	1.44	1.7	0.5
[5]	7.7	1.61	1.7	0.4
[6]	14.9	2.23	1.7	0.5
[7]	5.9	1.40	1.7	0.3
[8]	6.6	1.48	1.7	0.5
[9]	7.3	1.56	1.7	0.4
[10]	5.4	1.35	1.7	0.7
Median	6.8	1.50		
IOR Med.	25.6	12.83		

16 yaşında kız hastada gri-skala US'de appendiks çapı 4,2 mm ölçülmüş olup çevre yağlı planda ekojenite değişikliği izlenmemektedir. SWE ölçümünde appendiks elastisite median değeri 5.4 kPa olarak bulunmuş olup cut-off değerinin altındadır. Ancak klinik ve laboratuvar bulgular nedeniyle akut apandisit kuşkusu devam ettiği için opere edilen olgunun histopatolojik incelemesinde hafif şiddette enflamasyonu bulunan (skor=1) akut apandisit tanısı konulmuştur.

10. EK-1



T.C.
MUĞLA SITKI KOÇMAN ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI
Klinik Araştırmalar Etik Kurulu Başkanlığı

Sayı: 72855364-050.01.04.00-80/17624

12/11/2018

Konu: Kararlar

Sayın Doç.Dr. Özüm TUNÇYÜREK,

“Shear-Wave US Elastografi tekniği ile appendiks elastisite ölçümünün akut apandisit tanısındaki yeri” isimli çalışmanız Klinik Araştırmalar Etik Kurulumuz’un 12.07.2018 tarih ve 11/TV sayılı kararı ile kabul edilmiştir.

Bilgilerinizi ve gereğini rica ederim.

Prof.Dr. Semra GÜMÜŞ DEMİRBİLEK
Kurul Başkanı

Ek :
1 81-Özüm TUNÇYÜREK 11-IV

EK-2

KLİNİK ARAŞTIRMALAR ETİK KURULU KARAR FORMU

ARAŞTIRMANIN AÇIK ADI	“Shear-Wave US Elastografi tekniği ile appendiks elastisite ölçümünün akut apandisit tanısındaki yeri”
VARSA ARAŞTIRMANIN PROTOKOL KODU	

ETİK KURUL BİLGİLERİ	ETİK KURULUN ADI	Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu
	AÇIK ADRESİ:	Orhaniye Mah. Haluk Özsoy Cad.No:4 MUĞLA
	TELEFON	0 252 211 48 27 – 48 82
	FAKS	0 252 211 48 63
	E-POSTA	kaek@mu.edu.tr

BAŞVURU BİLGİLERİ	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACI UNVANI/ADI/SOYADI	Doç.Dr. Özüm TUNÇYÜREK			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ UZMANLIK ALANI	Radyoloji			
	KOORDİNATÖR/SORUMLU ARAŞTIRMACININ BULUNDUĞU MERKEZ	Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Tıp Fakültesi			
	VARSA İDARI SORUMLU UNVANI/ADI/SOYADI				
	DESTEKLEYİCİ				
	PROJE YÜRÜTÜCÜSÜ UNVANI/ADI/SOYADI (TUBİTAK vb. gibi kaynaklardan destek alanlar için)				
	DESTEKLEYİCİNİN YASAL TEMSİLCİSİ				
	ARAŞTIRMANIN FAZİ VE TÜRÜ	FAZ 1	☐		
		FAZ 2	☐		
		FAZ 3	☐		
		FAZ 4	☐		
		Gözlemsel ilaç çalışması	☐		
		Tıbbi cihaz klinik araştırması	☐		
		In vitro tıbbi tanı cihazları ile yapılan performans değerlendirme çalışmaları	☐		
		İlaç dışı klinik araştırma	☒		
Diğer ise belirtiniz					
ARAŞTIRMAYA KATILAN MERKEZLER	TEK MERKEZ ☒	ÇOK MERKEZLİ ☐	ULUSAL ☐	ULUSLARARASI ☐	

Etik Kurul Başkanının
Unvanı/Adı/Soyadı: Prof.Dr. Semra GÜMÜŞ DEMİRBILEK
İmza



Not: Etik kurul başkanı, imzasının yer almadığı her sayfaya imza atmaktadır.