

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

**YÜZEYEL SERVİKAL LENFADENOPATİ
TETKİKİNDE ELASTOGRAFİNİN
ULTRASONOGRAFİK DEĞERLENDİRMEYE
KATKISININ ARAŞTIRILMASI**

UZMANLIK TEZİ

Dr. Tülay ÖZTÜRK

**TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Süha Süreyya ÖZBEK**

İZMİR 2012

ÖNSÖZ

Uzmanlık eğitimim boyunca bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım tüm hocalarıma, tezimin hazırlanması sırasında her konuda yol gösterici olan, bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Süha Süreyya Özbek'e yardımları ve katkıları için teşekkür ederim.

Uzmanlık eğitimim süresince dostluklarını esirgemeyen, birlikte çalışmaktan ve aynı ortamı paylaşmaktan keyif aldığım asistan arkadaşlarıma ve EÜTF Radyoloji Anabilim dalında özveri ile çalışan iş arkadaşlarıma sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamım boyunca sevgi ve destekleriyle her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkürler...

İÇİNDEKİLER

ŞEKİLLER,	iv
TABLolar.....	v
SEMBOLLER ve KISALTMALAR.....	vi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 Servikal Lenf Nodülleri.....	3
2.1.1. Servikal lenf nodüllerinin embriyolojisi yapısı ve işlevi	3
2.1.2. Servikal lenf nodüllerinin sınıflandırılması	6
2.1.3. Servikal lenf nodüllerinin patolojileri	15
2.2. Ultrasonografi Fiziği.....	22
2.2.1. Ultrasonografinin tanımı ve ultrasesin özellikleri	22
2.2.2. Ultrases ve doku arasındaki etkileşimler	26
2.2.3. Ultrasonografi cihazının yapısı	28
2.2.4. Ultrasonografide çözünürlük	30
2.2.5. Ultrasonografik gösterim metodları	30
2.2.6. Ultrasonografik artefaktlar.....	31
2.2.7. Doppler ultrasonografi fiziği	34
2.2.8. Doppler Frekans Spektrum Analizi ve Ultrason Kan Akış Görüntülemeye Temel Kavramlar	38
2.2.9. Harmonik görüntüleme	40
2.2.10. Bileşik ("compound") görüntüleme	41
2.3. US-Elastografi.....	41
2.3.1. US-Elastografi fiziği	42
2.3.2. US-Elastografide görüntü kalitesini etkileyen faktörler.....	48
2.3.3. US-Elastografinin kullanım alanları	49
2.4. Servikal lenf nodülü patolojilerinin değerlendirilmesinde ultrasonografi.....	50
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	58
4. BULGULAR.....	62
OLGU ÖRNEKLERİ	69
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	79
6. ÖZET	90
7. KAYNAKLAR.....	93

ŞEKİLLER

Şekil 1. Lenf nodülünün kesitsel görünümü

Şekil 2. Baş boyun bölgesinin lenfatik drenajı

Şekil 3. Rouviere'in tanımladığı majör lenf nodu zincirleri ve karşılık gelen seviyeler

Şekil 4. Baş ve boyun bölgesinin görüntülemeye dayanan sınıflandırmada kullanılan anatomik referans noktaları

Şekil 5. Baş ve boyun bölgesinin görüntülemeye dayanan sınıflamaya göre lenf nodu seviyelerinin sınırları

Şekil 6. Doppler eşitliği denkleminin şematik gösterimi

Şekil 7. Elastisite skorlamasının şematik gösterimi

Şekil 8. Olgu 1

Şekil 9. Olgu 2

Şekil 10. Olgu 3

Şekil 11. Olgu 4

Şekil 12. Olgu 5

Şekil 13. Olgu 6

Şekil 14. Olgu 7

Şekil 15. Olgu 8

Şekil 16. Olgu 9

Şekil 17. Olgu 10

TABLÖLAR

- Tablo 1.** Baş ve boyun lenf nodüllerinin sınıflandırılması (Rouveire)
- Tablo 2.** Ultrasesin Farklı Dokulardaki Yayılım Hızları
- Tablo 3.** Pulsatilité indeksi, resistif indeks ve sistolodiyastolik oranlarının açılımı
- Tablo 4:** Bazı maddelerin Young modülleri
- Tablo 5:** Metastatik, lenfoma ve tüberküloza ait lenf nodüllerinin sık yerleşim yeri
- Tablo 6:** Servikal seviyelere göre eşik kısa eksen çap değerleri
- Tablo 7:** B-Mod US skorlaması
- Tablo 8:** Servikal lenf nodüllerinin vaskülarizasyon tipleri
- Tablo 9:** Elastisite skorlaması
- Tablo 10:** Benign Lenf Nodüllerinin Hastalıklara Göre Dağılımı
- Tablo 11:** Malign Lenf Nodüllerinin Hastalıklara Göre Dağılımı
- Tablo 12:** Benign ve malign lenf nodüllerinin vaskülarizasyon tiplerine göre dağılımı
- Tablo 13:** Benign ve malign lenf nodüllerinin US elastografi skor dağılımı
- Tablo 14:** Benign ve malign lenf nodüllerinin Toplam Skora göre dağılımı
- Tablo 15:** Benign ve malign lenf nodüllerini ayırtetmede B-mode, renkli ‘‘power’’ Doppler US ve US elastografi incelemelerinin tekli ve birlikte etkilerinin incelenmesi
- Tablo 16:** Araştırılan farklı parametrelere göre duyarlılık, özgüllük, pozitif-negatif öngörü ve doğruluk değerleri yüzdeleri

SEMBOLLER VE KISALTMALAR

US	:	Ultrasonografi
Hz	:	Hertz
KHz	:	KiloHertz
dB	:	Desibel
Z	:	Akustik impedans
PZT	:	Polycrystalized Tetragonal Zirconia
CW	:	Sürekli dalga ("Continuous Wave")
PW	:	Atımlı dalga ("Pulsed Wave")
RDUS	:	Renkli Doppler Ultrasonografi
PDUS	:	Power Doppler Ultrasonografi
PRF	:	Atım tekrarlama frekansı ("Pulse Repetition Frequency")
ROI	:	İlgi alanı (Region of Interest)
^{99m} Tc	:	Technetium-99m pertechnetate
FDG	:	Florodeoksiglukoz
İİAB	:	İnce iğne aspirasyon biyopsisi
λ	:	Dalga boyu
f	:	frekans
T	:	Periyot
V	:	Hız
d	:	Yoğunluk
k	:	Elastisite
z	:	Akustik impedans
ΔF	:	Doppler frekans farkı
P	:	Basınç
B	:	Sıkışma esnekliği modülü
γ	:	Kayma gerilimi ("shear stres")
Y	:	Elastisite sabiti ("Young Modülü")
σ	:	Possion oranı
μ	:	Rijitlik katsayısı ("Shear modulus")

1. GİRİŞ ve AMAÇ

İnsan vücudunda yaklaşık 800 lenf nodülü mevcut olup bunların yaklaşık 300'ü baş ve boyun bölgesi yerleşimlidir (1,2). Boyunda lenf nodülleri enfeksiyöz, inflamatuvar nedenlerle reaktif olarak ya da neoplazik (primer ya da metastatik tutulum) nedenlerle büyüyebilir. Bu yüzden reaktif ve metastatik lenfadenopati ayrımı önemlidir (3).

Ultrasonografi ile lenf nodülünün sayısı, boyutu, yerleşim yeri, şekil ve kenar özellikleri, iç yapısı, ekojenitesi, hilus varlığı, mikronodüler görünümü, intranodal nekrozun ve kalsifikasyonun varlığı ve komşu yumuşak dokuda ödem değerlendirilir (4-8). Renkli Doppler ve “power” Doppler ultrasonografi ile lenf nodülünün vasküleritesi değerlendirilmektedir (6-8).

Ultrasonografiye ek olarak lenf nodüllerinin görüntülenmesinde kullanılan diğer yöntemler, bilgisayarlı tomografi (BT), magnetik rezonans görüntüleme (MRG), dinamik kontrastlı ve fonksiyonel MRG, difüzyon ağırlıklı MRG, pozitron emisyon tomografisi (PET), Thallium 201 ve teknesyum 99m MIBI (hexakis-2-methoxy-isobutyl-isonitrile) SPECT görüntülemesidir (9).

Elastografi, bir bilgisayar yazılımı ve uygun donanım ile ses dalgalarını kullanarak, dokuların elastikliğini ortaya koymayı amaçlayan bir tekniktir. Daha çok ses dalgalarının erişilebileceği yüzeysel dokularda kullanılan yöntemle, normal dokulara göre daha az elastik ve sert olmaya eğilimli solid patolojiler gösterilebilmekte, özellikle benign ve malign olanları arasında ayırıcı tanıya gidilebilmektedir.

US Elastografi özellikle meme, tiroid ve prostatta lezyonların malign–benign ayrımında başarılı bulunmuş bir inceleme tekniğidir. Literatürde ultrason elastografinin, benign ve malign lenf nodüllerinin ayrımında ultrasonografi incelemesinin tanısal değerini arttırdığına ilişkin çalışmalar bulunmaktadır (3,10-13). Ancak, sık rastlanılan yüzeysel kitleler oluşturmalarına karşılık, lenf nodülü büyümeleri konusunda nisbeten az elastografi çalışması mevcuttur (3,12,14).

Yüzeysel servikal lenfadenopatilerinin karakterizasyonunda elastografinin anlamlı tanısal katkısının gösterilmesi, bunun da ötesinde lenfoma, lösemi, tüberküloz, sarkoidoz gibi

patolojilerin, varsa spesifik elastografi görünümlerinin ortaya konulması, bu sık ve önemli sağlık sorununa klinik yaklaşımda yeni olanaklar sağlayacaktır.

Çalışmamızın amacı, ultrasonografik elastografi tekniğinin, servikal lenf nodülü büyümelerinin malign ya da benign etiyojisinin ortaya konulmasında, B-mod ve renkli “power” Doppler ultrasonografi teknikleri ile karşılaştırılması ve bu yöntemlere olası tanısal katkısını araştırmaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Servikal lenf nodülleri

2.1.1 Lenf nodüllerinin embriyolojisi, yapısı ve işlevi:

Lenfatik sistem; lenf nodülleri, mukoza yerlesimli lenfoid doku (baş ve boyundaki Waldeyer halkası), dalak ve timustan oluşur.

Boyun lenfatik sisteminin üç bileşeni mevcuttur. Bunlar kapillerler, lenf damarları ve lenf nodülleridir. Lenf kapillerlerinin sadece endotelileri mevcuttur ve kan kapillerlerinden daha geniştir. Kapillerler dışta longitudinal yumuşak doku katmanı, ortada sirküler düz kas katmanı ve içte longitudinal elastik katmanı bulunan lenf damarlarına drene olmaktadır. Bu damarlar venöz sistemden daha fazla kapak içermekte ve bu kapaklar lenf akımını kolaylaştırmaktadır. Lenf damarları daha sonra lenf nodüllerine drene olmaktadır. Lenf sıvısı internal juguler ve subklavian venlerin birleşme yerinde venöz sisteme girmektedir (1).

Baş ve boyun bölgesi tüm lenf nodüllerinin yaklaşık %30'unu içermektedir. Bu bölgede lenf nodülleri, yüzeysel servikal ve paravertebral fasialar arasında bulunmaktadır (1).

Embriyoloji

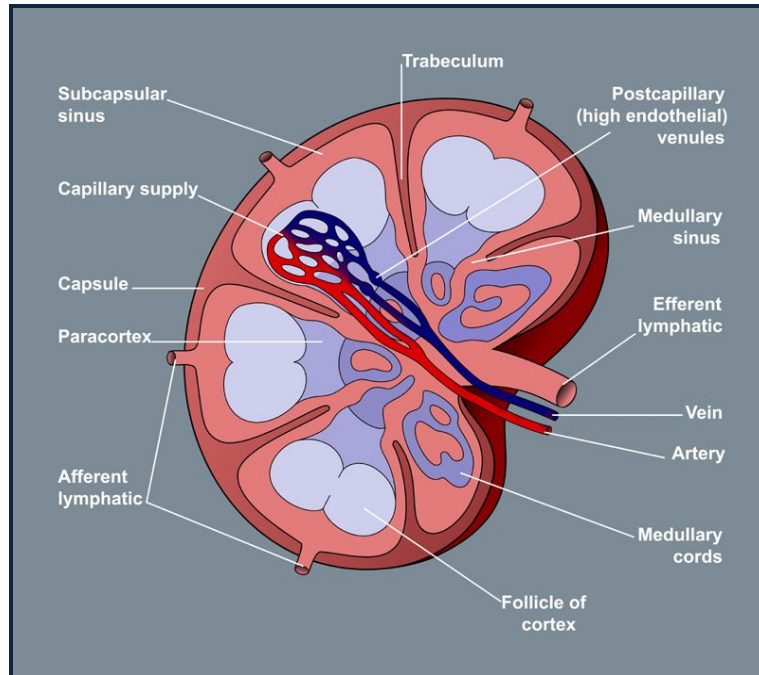
Lenfatik sistem, kardiyovasküler sisteminden sonra gelişmeye başlar. Lenfatik sisteme ait damarların nereden köken aldığı tam olarak bilinmemekle birlikte, bölgesel mezenşimden veya ven endotelinden çıkan kese benzeri oluşumlardan kaynaklandığı sanılır. 6 adet primer lenf kesesi oluşur. Subklavian ve anterior kardinal venlerin birleşim noktasında beliren iki adet juguler; iliak ve posterior kardinal venlerin birleşim noktasında ortaya çıkan iki adet iliak; mezenter kökü yakınında yer alan bir adet retroperitoneal ve retroperitoneal kesenin dorsalinde yer alan bir adet sisterna şili primer lenf keseleridir. Keseler birbirlerine ekstremitelerden, vücut orasik duvarından, baş ve boyundan gelen lenfi drene eden sayısız kanallarla bağlanırlar. İki ana kanal olan sağ ve sol torasik duktuslar, juguler keseleri sisterna şiliye birleştirir ve kendi aralarında da anastomozlar oluşur (15).

Yapısı ve İşlevi

Lenf nodülleri fibröz bir dokudan oluşan kapsülle çevrenmiştir. Lenf nodülleri dışta korteks, içte medulla olmak üzere iki bölgeden oluşur. Kortekste lenfoid foliküller, medullada ise medüller trabekula, medüller kordlar, medüller sinüsler ve bağ dokusu bulunur. Medüller kordlar paralel dizilim göstermekte olup çoğu uzun ya da düzensiz şekillidir. Medüller kordlar, medüller sinüsler ile çevrelenmektedir. Medüller sinüsler, lenf sıvısı ile dolu yapılardır. Parakorteks, korteks ile medulla arasında bulunan, lenfositlerin kandan lenfatik sisteme geçtiği ara bölgedir (4).

Lenfatik sinüslerin merkezde toplanması ile hilus oluşmaktadır. Ana besleyici arter lenf nodülüne hilus düzeyinde girerek arteriollere ayrılır. Venöz sistemde lenf nodülünde arteriyel sisteme benzer bir yol izler. Ana ven, daha sonra hilus düzeyinde lenf nodülünü terk eder (4).

Lenf nodüllerine lenf sıvısını taşıyan damarlara afferent (getirici), lenf nodülünden çıkanlara efferent (götürücü) lenf damarları denir. Afferent (getirici), lenf damarları ilk olarak kapsülün hemen altında bulunan subkapsüler sinüse drene olur. Burası genellikle metastazların ilk ortaya çıktıkları yerdir. Lenf sıvısı daha sonra önce korteks, sonra medullanın lenfatik sinüslerine geçer ve medullanın santral bölgesinden çıkan efferent (götürücü) lenf damarlarında toplanır. Efferent (götürücü) lenf damarları hilusta lenf nodülünü terk eder (16). (Şekil 1)

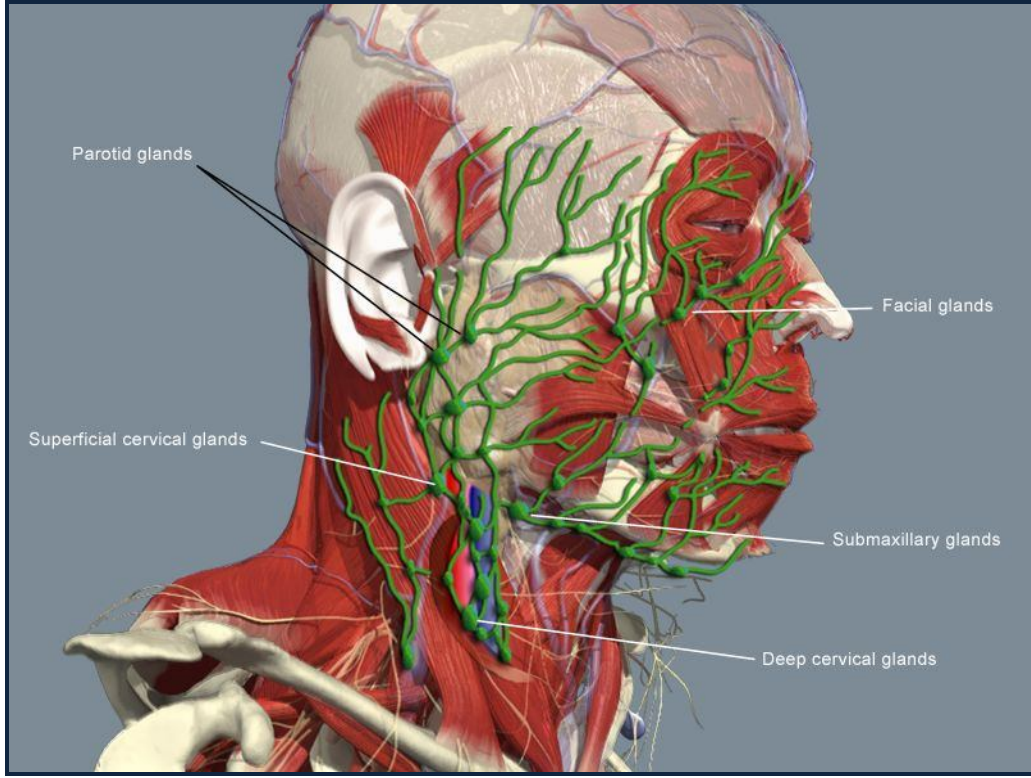


Şekil 1 :Lenf Nodülünün Kesitsel Görünümü

Lenf nodülleri; yabancı maddelerden, enfeksiyon ajanlarından ve antijenlerden arındırılmasında ve immün yanıt oluşturulmasında görevli lenfatik drenaj sisteminin konverjans alanları olan çok organize lenfoid dokulardır. Korteks baskın olarak B hücrelerinden oluşan lenfoid folliküllere organize olur. T hücreleri follikülleri çevreleyen parakortikal alanlara yayılmışlardır (17). Lenfatikler ve lenf düğümlerinden oluşan sistem, ekstrasvasküler matrikste biriken sıvının drenajını sağlar. Lokal iltihabi yanıt zedelenmeye neden olan etkeni nötralize etmekte yetersiz kaldığında, mononukleer fagositik sistemle uyum içinde ikinci bir savunma hattı oluşturur. Lenfatikler antijen ve lenfositleri periferden, T ve B hücrelerinin bulunduğu daha merkezde olan lenf düğümlerine taşırlar ve uygun antijen sunan hücrelerle birlikte immün yanıtı arttırlar (18). Lenf akımı lenf nodlarına kapsülü delerek öncelikle subkapsüler sinüslere ulaşan afferent lenfatikler yolu ile ulaşır. Bu nedenle lenf nodlarında metastatik tümörlerin ilk yerleşim yeri subkapsüler sinüslerdir. Burada özellikle yabancı madde ve mikroorganizmaları fagosit eden makrofajlar da yer almaktadır. Afferent lenfatik damarlarla gelen bir antijen veya makrofajlar tarafından fagosit edilerek yardımcı T hücreli ve B lenfositlere sunulmakta, B lenfositler de germinal merkezde diferansiye olarak özgül antikor üreten plazma hücrelerine dönüşmektedir. Plazma hücreleri medullaya geçerek medüller sinuslarda yerleşmekte ve salgıladıkları antikorları medüller kordlara vermektedir. Antikorlar daha sonra lenf nodlarından çıkan efferent lenfatik damarlar yolu ile ductus thoracicus'a, oradanda kan dolaşımına ulaşmaktadır. Lenf nodülleri aynı zamanda lenfoid hücrelerin çoğaldıkları ve immün uyarılar karşısında farklılaştıkları sekonder immün organlar arasındadır. Burada çoğalan lenfositler özel bir damar türü olan yüksek endotelli venüllerden geçerek dolaşıma katılırlar. Daha sonra afferent lenfatik damarlar yolu ile tekrar lenf nodulüne dönerler.

Lenfositlerin fonksiyonlarını görebilmeleri için diğer hücreler ile ve kendi aralarında iletişim ve etkileşimlerini gerçekleştiren özel yüzey molekülleri vardır. Bunlar monoklonal antikorlar aracılığı ile belirlenerek hücre tipleri ve fonksiyonları arasında ilişkiler kurulmuştur. Aynı antijenik epitopu tanıyan antikor gruplarına da diferansiyasyon kümesi (cluster of differentiation-CD) adı verilmiştir. Tüm T lenfositlerin ortak bir yüzey reseptörüne CD3; yardımcı T lenfositlerinin belirleyicisine CD4; baskılayıcı T lenfositlerinininkine CD8 gibi adlar verilmiştir. Benign ve neoplastik hastalıklarda farklı hücre tipleri çeşitli yöntemlerle belirlenerek hücrel reaksiyonların niteliği daha iyi karakterize edilebilir. Nitekim lenf nodüllerinde B hücre kökenli neoplazilerde normal B hücrelerinin

yaptığı şekilde folliküler yapılar olduğu gözlenebilir. Aynı şekilde T hücreli neoplazilerde hücreler normal T hücreleri gibi öncelikle parakortikal bölgelerde yerleşirler. T lenfosit reaksiyonunu uyaran viral enfeksiyonlarda da lenf nodüllerinde parakortikal bölgelerde belirgin hücre çoğalması görülür. Lenf nodüllerinin lenf akımı üzerindeki anatomik yerleşimleri ve akımın yönü hastalıkların niteliği ve lokalizasyonu hakkında bilgi verici olabilir. (Şekil 2)



Şekil 2: Baş-boyun bölgesinin lenfatik drenajı.

2.1.2 Servikal lenf nodüllerinin sınıflandırılması

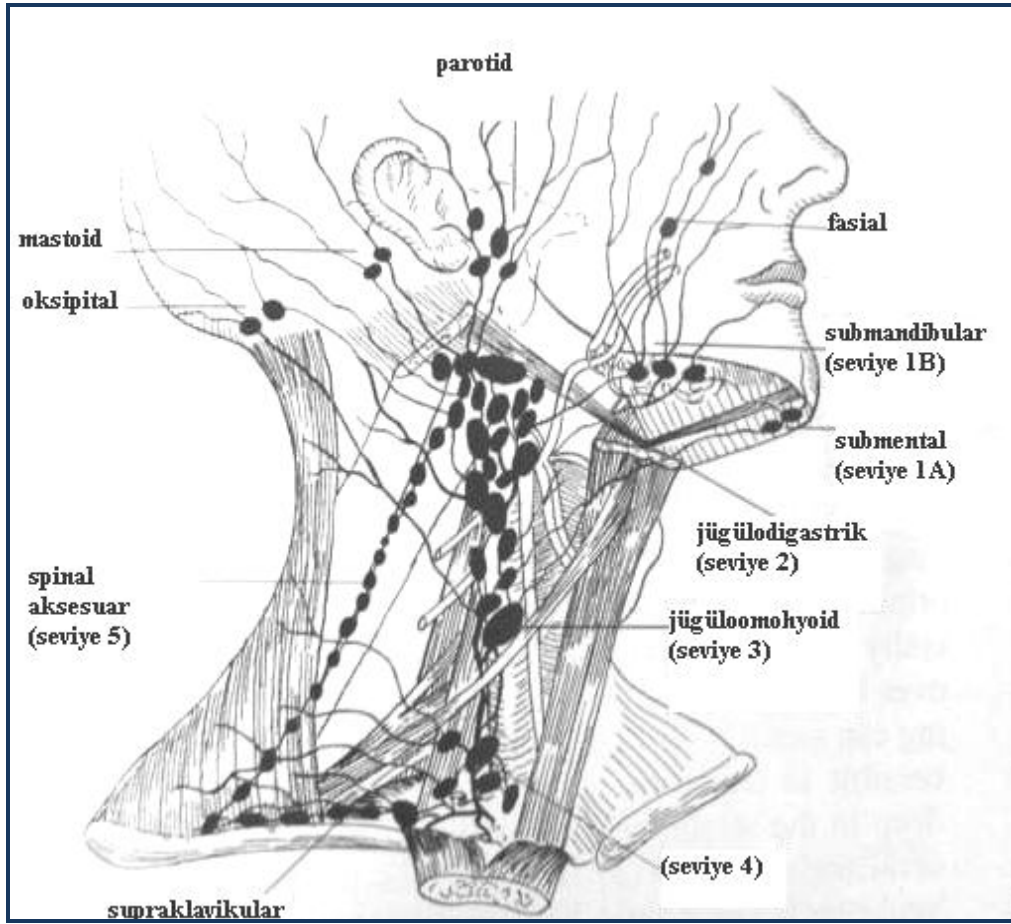
Vücutta toplam 800 lenf nodülü mevcut olup yaklaşık olarak 300'ü baş ve boyunda yerleşmiştir. Servikal lenf nodülleri için en sık kullanılan sınıflandırma Rouviere tarafından 1938 yılında yapılmıştır (19). Bu sınıflandırma sisteminde kullanılan referans noktaları, palpasyonla rahatlıkla erişilebilen boynun yüzeysel üçgenlerine dayanır. Rouviere, Baş ve boyun lenf nodüllerini preservikal halka, derin servikal grup ve aksesuar zincir olmak üzere 3 ana grupta toplamıştır. (Tablo 1, Şekil 3)

Tablo 1.

Baş ve Boyun Lenf Nodüllerinin Sınıflandırılması (Rouveire)
A. Periservikal Halka
1. Oksipital
2. Retroaurikuler
3. Parotis
4. Submandibuler
5. Submental
B. Derin Servikal Grup
1. İnternal Juguler Zincir
a) Anterior Grup
-Üst
-Orta
-Alt
b) Lateral Grup
2. Spinal Aksesuar Zincir
3. Transvers Servikal Zincir
C. Aksesuar Zincir

1981 yılında Shah ve ark. (20) anatomiye dayalı terminoloji yerine daha basit, seviyelere dayalı bir sistem kullanımını düşünmüşlerdir.

Yakın zamanda kullanıma giren ve yaygın kabul gören sınıflandırmalarından birisi, American Joint Committee on Cancer'in (AJCC) 1997 versiyonudur (21).



Şekil 3: Rouviere'in tanımladığı majör lenf nodülü zincirleri ve bunlara karşılık gelen seviyeler gösterilmektedir.

AJCC'nin Lenf Nodülü Sınıflandırması:

Seviye1: Digastrik kasın posterior karnı, inferiorda hyoid kemik, superiorda mandibula korpusu tarafından sınırlanan submental ve submandibular üçgenleri içerir.

Seviye 2: Üst juguler lenf nodüllerini içerir. Superiorda kafa tabanından inferiorda hyoid kemiğe kadar uzanır.

Seviye 3: Orta juguler lenf nodüllerini içerir. Süperiorda hyoid kemikten inferiorda krikotiroid membrana kadar uzanır.

Seviye 4: Alt juguler lenf nodüllerini içerir. Superiorda krikotiroid membrandan inferiorda klavikulaya kadar uzanır.

Seviye 5: Anteriorda sternokleidomastoid kasın posterior kenarı, inferiorda klavikula ile sınırlanan posterior üçgendeki lenf nodüllerini içerir. Seviye 5 seviye 2, 3, 4'ün superior ve inferior sınırlarına uyacak şekilde üst, orta ve alt seviyelere de ayrılabilir.

Seviye 6: Superiorda hyoid kemik, inferiorda suprasternal çentiğe kadar anterior kompartmanın lenf nodüllerini içerir. Karotid kılıflarının medial kenarları arasında uzanır.

Seviye 7: Suprasternal çentiğin altında, üst mediastendeki lenf nodüllerini içerir.

1998 yılında American Academy of Otolaryngology- Head and Neck Surgery (AAO–HNS) AJCC'nin oluşturduğu sınıflandırma sisteminini modifiye etmiştir (22): Seviye 2 lenf nodüllerini internal juguler zincir (2A) ve spinal aksesuar zincir (2B) olarak ikiye ayırmıştır. Seviye 4 lenf nodülleri sternokleidomastoid kasın sternal basının derininde kalanlar (4A), klavikular basının derininde kalanlar (4B) olarak ikiye ayırmıştır. Seviye 5'i AJCC sınıflandırma sisteminin önerdiği 3 kısım yerine üst ve alt olmak üzere 2 kısma ayırmışlardır. Bu değişikliklerin sebepleri;

- Seviye 2B lenf nodüllerinin tutulumu sıklıkla orofarinks ve nazofarinks tümörlerinde görülür.

- Seviye 4A lenf nodülü tutulumunda seviye 6 lenf nodüllerinin tutulma riski yüksektir.

- Seviye 4B'deki lenf nodülü metastazları seviye 5'teki lenf nodülü metastazları ile birliktedir.

- AJCC sistemine göre seviye 5'in üst kısmında çok az lenf nodülü izlenir. Bu nedenle omohyoid kasa göre pozisyonları belirlenerek süperior ve inferior olarak ikiye ayırmıştır.

1999 yılında hem klinik incelemelerde hemde görüntüleme yöntemlerinde kullanılabilen, görüntülemeye dayalı sınıflandırma sistemi önerilmiştir. Bu sistem klinisyen ve radyoloğun aynı sistemi kullanmasına olanak sağlamıştır (21). (Şekil4,5)

Görüntülemeye Dayalı Sınıflandırma Sistemi :

Seviye 1: Submental ve submandibular lenf nodülleri

Hyoid kemiğin üzerinde, milohyoid kasın altında ve submandibular bezin posterior kenarının anteriorunda bulunurlar.

Seviye 1A: Submental lenf nodülleri

Digastrik kaslarının anterior karınlarının medial kenarları arasında bulunurlar.

Seviye 1B: Submandibular lenf nodülleri

Seviye 1A lenf nodüllerinin lateralinde ve submandibular bezin posterior kenarının anteriorunda kalırlar.

Seviye 2: Üst internal jugüler lenf nodülleri

Kafa tabanından hyoid kemiğin tabanı seviyesine kadar uzanırlar. Submandibular bezin posterior kenarının posteriorunda ve sternokleidomastoid kasın posterior kenarının anteriorunda yerleşirler.

Seviye 2A: Lenf nodülleri, internal jugüler venin anterior, medial, lateral, posteriorunda bulunurlar. Venin posteriorunda yerleşenlerin ven ile ara planları izlenmez.

Seviye 2B: Lenf nodülleri internal jugüler venin posteriorunda yerleşirler ve venden ara yağ planı ile ayrılırlar.

Seviye 3: Orta juguler lenf nodülleri

Hyoid kemiğin tabanı seviyesinden, krikoid arkın tabanı seviyesine kadar uzanırlar. Sternokleidomastoid kasın posterior kenarının anteriorunda yerleşmişlerdir.

Seviye 4: Alt juguler lenf nodülleri

Krikoid arkın tabanı seviyesinden klavikula seviyesine kadar uzanırlar. Sternokleidomastoid kasın posterior kenarı ile anterior skalen kasın posterior-lateral kenarı arasına çizilen hattın anteriorunda kalırlar. Karotid arterlerin lateralinde yerleşmişlerdir.

Seviye 5:Posterior üçgendeki lenf nodülleri

Kafa tabanından krikoid arkın tabanı seviyesine kadar sternokleidomastoid kasın posterior kenarının posteriorunda ve krikoid arkın tabanı seviyesinden klavikula seviyesine kadar sternokleidomastoid kasın posterior kenarı ile anterior skalen kasın posterior-lateral kenarı arasına çizilen hattın posteriorunda kalırlar. Trapezius kasının anterior kenarının anteriounda uzanırlar.

Seviye 5A: Üst seviye 5 lenf nodülleri. Kafa tabanından krikoid arkın tabanı seviyesine kadar uzanırlar.

Seviye 5B: Alt seviye 5 lenf nodülleri. Krikoid arkın tabanı seviyesinden klavikula seviyesine kadar uzanırlar.

Seviye 6: Üst visseral lenf nodülleri

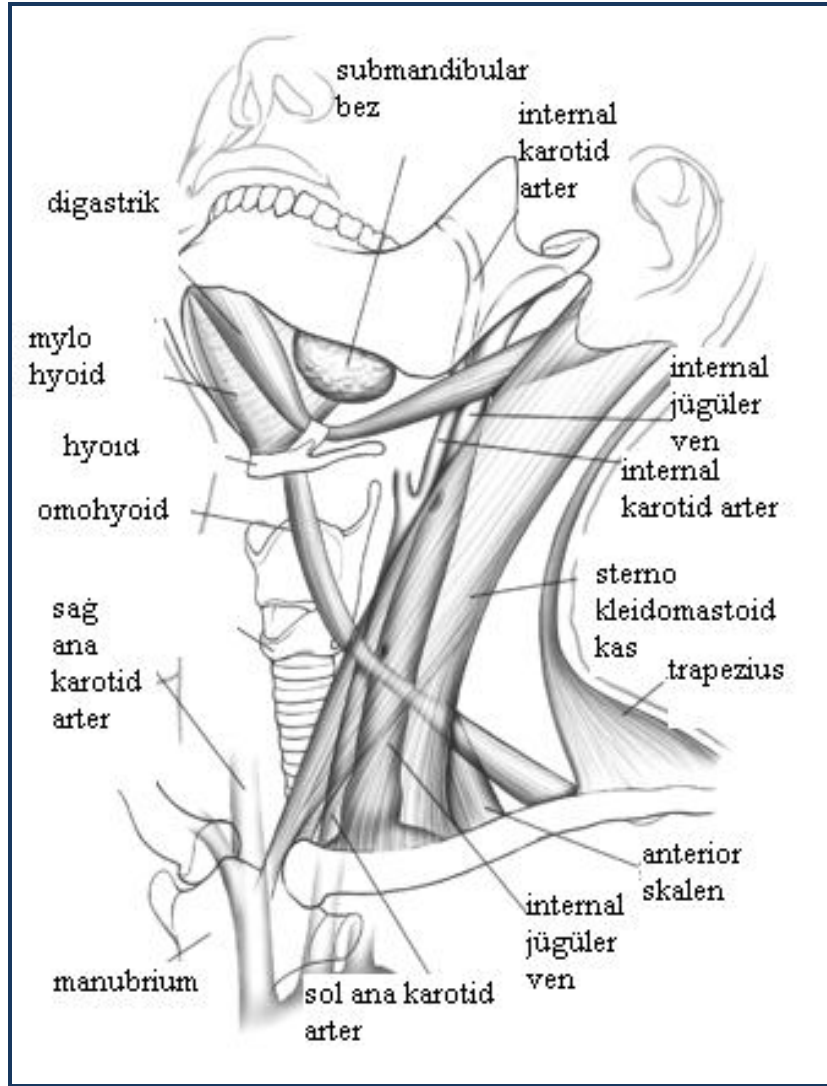
Hyoid kemiğin tabanı seviyesinden manubriumun tepesi seviyesine kadar karotid arterler arasında yerleşmişlerdir.

Seviye 7: Süperior mediastinal lenf nodülleri

Manubriumun altından innominat venin üzerine kadar karotid arterlerin arasında uzanırlar.

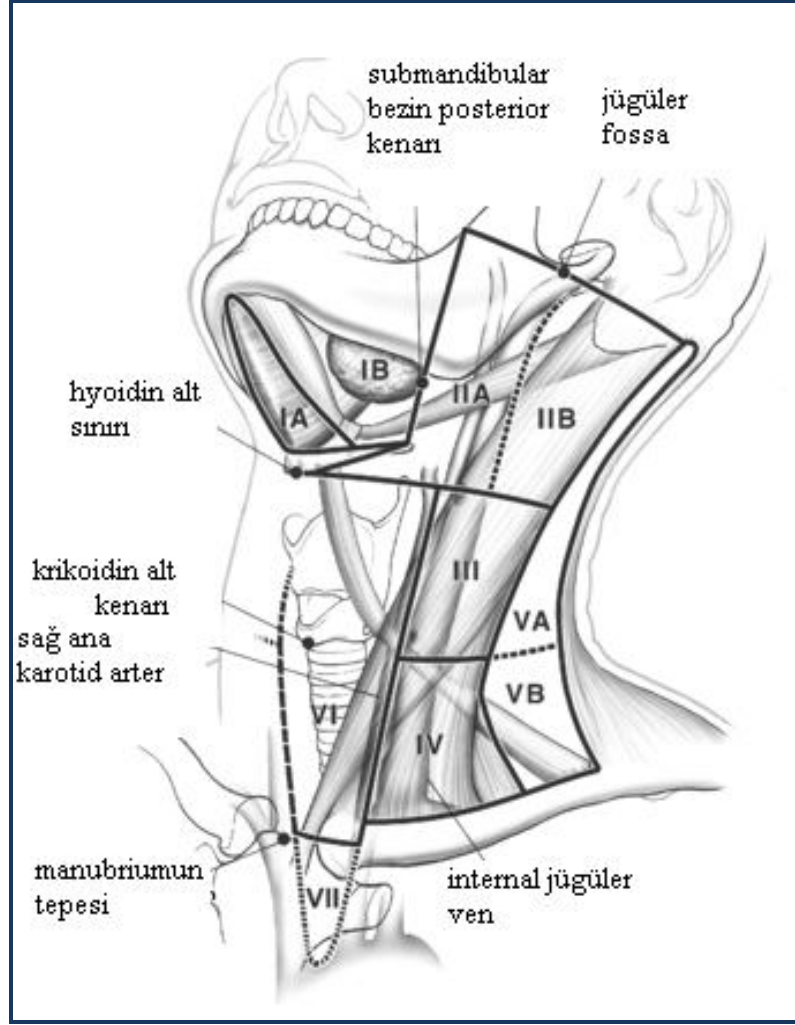
Supraklavikular lenf nodülleri: Klavikula seviyesinde ve kaudalinde ve karotid arterlerin lateralinde bulunurlar.

Retrofaringeal lenf nodülleri: Kafa tabanının 2 cm'lik kesiminde internal karotid arterlerin medialinde uzanırlar.



Şekil 4: Baş ve boynun sol anterior oblik projeksiyondan görünümü.

Görüntülemeye dayanan sınıflandırmada kullanılan anatomik referans noktaları.



Şekil 5: Baş ve boyunun sol anterior oblik projeksiyondan görünümü. Görüntülemeye dayanan sınıflamaya göre lenf nodülü seviyelerinin sınırları.

Nodal Evreleme

1997 yılında AJCC ve Uluslar arası Kanser Birliği (IUCC) tarafından ortak düzenlenen evreleme sistemi, nodal evrelemede kullanılmaktadır.

NX: Bölgesel lenf nodülü yayılımı değerlendirilemez

NO: Bölgesel lenf nodülü metastazı yok

N1: İpsilateral, tek, en büyük çapı 3 cm ve daha küçük lenf nodülü

N2a: İpsilateral, tek, en büyük çapı 3-6 cm olan lenf nodülü

N2b: İpsilateral, çok sayıda, en büyük çapı 6 cm'den küçük olan lenf nodülleri

N2c: Bilateral ya da kontralateral yerleşimli en büyük çapı 6 cm'den küçük olan lenf nodülleri

N3: En büyük çapı 6 cm'den büyük olan lenf nodülleri

1953 yılında cerrah Pierre Denoix tarafından tüm kanser bölgelerine uyarlanabilecek evreleme sisteminin prensipleri ve kodlarıyla tümör, nodül, metastaz (TNM) sistemi geliştirildi ve 1968 yılında da yayınlandı. Günümüze kadar 6 kez tanı ve tedavideki ilerlemelerin neden olduğu çeşitli düzenlemeler yapılmıştır.

TNM evreleme, primer tümörün boyutuna (T), bölgesel lenf nodülü tutulumuna (N), uzak metastaz varlığına (M) dayanan bir sistemdir. TNM evreleme sisteminde her bir eleman ortak paylaştıkları ve birbirlerinden ayrıldıkları yerlere göre sistemin içinde bir kutuya yerleştirilir ve ardından bunları birbirine yakınlıklarına göre evre adıyla tekrar gruplar. Her bir kutu içinde neler olacağını öngörmek için o gruptaki hastaların sağ kalım oranlarını kullanır (23). Sistemin özetle 5 amacı vardır:

1. Hastaların prognozunu göstermesi
2. Tedavi planlarında yol gösterici olması
3. Uygulanan tedavi etkilerinin takibine yardımcı olması
4. Tedavi merkezleri arasında bilgi paylaşımını kolaylaştıran ortak dilin geliştirilmesi
5. Tümör araştırmalarına katkıda bulunması

Tiroid ve nazofarinks kanserinde metastatik lenf nodüllerinin dağılımı diğer baş-boyun tümörlerinden farklı olduğundan AJCC ayrı nodal evreleme sistemleri düzenlemiştir (21).

2.1.3 Servikal Lenf Nodülü Patolojileri

Lenfadenopati lenf nodülünün büyümesi anlamına gelir. Lenfadenit ile benzer anlamda kullanılır. Boyunda lenfadenopatiye neden çok sayıda benign ve malign neden bulunmaktadır. Günlük pratikte karşılaşılan lenfadenopatilerin büyük kısmı benign karakterde olup genellikle enfeksiyöz kökenlidirler. Dikkatli fizik muayene ve anamnez ile tanıya görüntüleme yöntemine gerek duyulmadan ulaşılır. Fizik muayenede 1 cm'den büyük, üzeri eritemli, palpasyonda hassas, lastik kıvamlı lenf nodülleri genellikle benign kabul edilir. 1 cm'den büyük, sert kıvamlı, ağrısız ve yaygın lenfadenopatiler ise ileri tetkik gerektirir. Primer veya metastatik bir hastalığın ilk belirtisi olabilir (24).

Benign Lenfadenopatiler

Enfeksiyöz ve enfeksiyon dışı nedenleri bulunur. Enfeksiyöz nedenleri arasında viral, bakteriyel, parazitik ve fungal nedenler sayılabilir. Genellikle tek sayıda hafif ve ağrılıdır. Bunlarda üst solunum yolu enfeksiyonları tabloya eşlik eder. Lenf nodülü palpasyonda yumuşak kıvamlı olarak hissedilir.

Fungal ve parazitik nedenli lenfadenopatiler bazı endemik bölgeler dışında viral ve bakteriyel gruba göre çok daha nadirdir.

Servikal lenf nodüllerinin bilinen bir nedene bağlı olmadan büyümesi özellikle çocukluk çağında karşılaşılmakla birlikte her yaşta görülebilen bir durumdur. Büyümüş lenf nodüllerinin çapı 3 cm'e ulaşabilir. Üst solunum yolu enfeksiyonları ile birlikte görülmeleri oldukça sıktır. Enfeksiyon tablosu geçtiği halde küçülmeleri uzun zaman alabilir. Sert, mobil, tek ve ağrısız kitle şeklinde karakterize bu durum, kronik nonspesifik lenfadenit olarak da tanımlanmaktadır (1).

Enfeksiyon dışı nedenler arasında otoimmün hastalıklar, ilaç reaksiyonları, sarkoidoz, benign lenfoproliferatif hastalıklar (Kikuchi Hastalığı, Rosai-Dorfman Hastalığı, Kimura Hastalığı gibi) nadir de olsa servikal lenf nodülü tutulumuna neden olabilir.

Tüberküloz

Tüberküloz, *Mycobacterium tuberculosis*'in neden olduğu bulaşıcı, kronik, granülomatöz bir hastalıktır. Tüberküler granülomların ortası kazeöz nekroza gider. Bütün dünyada tıbbi ve ekonomik olanaklardan yoksun olan insanlar arasında başta gelen ölüm nedeni olmaya devam etmektedir. Genellikle akciğeri tutmakla birlikte vücuddaki her organda görülebilir (25). Ekstrapulmoner tuberkülozisi olan olguların yaklaşık %12'inde baş ve boyun tutulumu izlenir. Baş ve boyunda en sık servikal lenf nodlarını tutar (26). Tüberküloz lenfadenit genellikle tek taraflıdır. En sık jugulodigastrik, submandibuler, periaurikuler bölgelerde beslenirler. En sık saptanan klinik bulgu, genç, yetişkin bir hastada sistemik semptom olmaksızın duyarlı olmayan kronik, izole lenfadenopatidir. Hastada aktif tüberküloz her zaman tesbit edilmeyebilir. Deri testleride negatif ya da kuşkulu pozitif bulunabilir. Önceden mobil, lastik kıvamında palpe edilen lenf nodülleri zamanla bu özelliğini yitirir, birbirleri ile gruplar oluşturarak deri altına fikse olurlar. Geç evrede soğuk apse formasyonu ve deriye fistülizasyon izlenebilir (1).

Akut Nonspesifik Lenfadenit

Odaksal bir enfeksiyonun drenajını yapan bölgesel lenf ganglionlarında ya da sistemik bakteriyel ya da viral bir enfeksiyon varlığında jeneralize olarak meydana gelir. Akut iltihaplı ganglionlar şişmiş, gri-kırmızı renkte ve büyümüş olarak izlenir. Şiddetli enfeksiyonlarda folliküllerin santral bölgelerinde nekroz ve bunun sonucu olarak da apse gelişir. Eğer ileri derecede apse oluşumu varsa fluktuasyon verebilirler. Yüzeydeki cilt ise sıklıkla kızarmıştır ve enfeksiyonun cilde penetre olması akıntılı sinüs oluşumuna neden olabilir (27).

Rosai Dorfman Hastalığı (Sinüs Histiositozis)

Rosai Dorfman Hastalığı, masif lenfadenopati ile seyreden idiopatik, benign bir hastalıktır. Lenfadenopatiler genellikle boyun bölgesinde izlenir. Ağrısız, büyümüş lenf nodülleri yıllarca durabilir ancak hastalık kendini sınırlar (8) .

Kedi Tırmığı Hastalığı

Kedi tırmığı hastalığı *Bartonella henselae*'nin neden olduğu kendi kendine iyileşen bir hastalıktır. Hastalık primer olarak bir çocuk hastalığıdır ve hastaların %90'ı 18 yaşından küçüktür. Özellikle aksilla ya da boyunda bölgesel lenfadenopati şeklinde kendini gösterir. Lenf ganglionlarında görülen anatomik değişiklikler oldukça karakteristiktir. Nötrofillerin toplandığı santral bölgede nekroz gelişen sarkoid benzeri granulomlar oluşur. Kedi ailesinden bir hayvanın tırmalamasından veya kıymık ya da diken batmasından yaklaşık 2 hafta sonra lenf ganglionlarında büyüme görülür. Çoğu hastada büyüyen lenf ganglionu 2-4 hafta içinde normal haline döner. Hastada nadiren ensefalit, osteomiyelit ya da trombositopeni gelişir (27).

Tularemi

Tularemi, gram negatif bir basil olan *Franciella tularensis*'in neden olduğu bir hastalıktır. İnsanlar sıklıkla *F. tularensis*'i cilt veya mukozal yüzeylerden, enfekte hayvan dokusu veya vücut sıvısı ile temas sonrasında veya enfekte tatarcık, kene ya da sivrisinek tarafından ısırılmayı takiben alır (26).

Hastalığın birkaç klinik formu tanımlanmıştır. Orofaringeal formu, ağızda ülserler, tonsilit ve servikal lenfadenit ile karakterizedir. Lenfadenopatilerin çoğu juguler zincirdedir. Ülseroglanduler formu ise deride ülserler ve ağrılı bölgesel lenfadenopatiler ile karakterizedir. Hassas lenfadenopatiler, glanduler formunda izlenir (26).

Enfeksiyöz Mononükleozis

Ergenlik çağındakilerin ve genç erişkinlerin akut, kendi kendine iyileşen bir hastalığıdır. Etkeni herpes virüs ailesinin bir üyesi olan B lenfotropik Epstein-Barr Virüsü (EBV)'dür. Enfeksiyon; ateş, boğaz ağrısı ve jeneralize lenfadenopati, kanda çoğu atipik morfolojiye sahip lenfosit sayısında artış ve EBV'ye karşı humoral bir antikor cevabı ile karakterizedir (27). Lenf nodülü tutulumunun karakteristik bir dağılımı vardır; tipik olarak simetriktir ve arka boyun zinciri, ön boyun zincirinden daha sık tutulur. Arka boyun lenf nodülleri, sternokleidomastoid kaslarının derinindedir. Lenfadenopati, koltukaltı ve inguinal bölgede de olabilir bu enfeksiyöz mononükleozisi, farenjitin diğer nedenlerinden ayırmada yardımcı olur. Lenfadenopati ilk hafta içinde pik yapar ve sonra yavaş yavaş 2-3 hafta içinde azalır (28).

Kikuchi-Fujimoto Hastalığı

Kikuchi Fujimoto hastalığı, nekrotizan granümatöz lenfadenit olarak da bilinir. İlk olarak 1972 yılında japon patologlar olan Kikuchi ve Fujimoto tarafından karakteristik histopatolojik görünümü nedeniyle malign lenfomayı taklit eden, kendi kendini sınırlayan benign nekrotizan lenfadenit sendromu olarak tanımlanmıştır. Çok nadir görülür. Prevalansı Japonlarda ve Asyalılarda yüksektir. Genellikle genç kadınları etkiler. Literatürde yaş aralığı 6–80 arasında değişmektedir. Literatürde bazı infeksiyöz ajanların (özellikle viral) hastalığa sebep olabileceğinden bahsedilmektedir. Ancak hastalığın etiyolojisi kesin olarak aydınlatılamamıştır. Tipik olarak servikal bölgede lenfadenopati ve ateş ile karakterize bir hastalıktır. Servikal lenfadenopatiler hassas olup genellikle posterior servikal üçgende izlenmektedirler. Lenf nodülü boyutları 0,5-4 cm arasında değişir. 5-6 cm boyutuna ulaşabilirler ancak 6 cm ve üzeri lenfadenopatiler nadirdir. Yaygın lenfadenopatiler izlenebilir ancak çok nadirdir (29-31).

Sarkoidoz

Sarkoidoz, nedeni bilinmeyen bir multisistem hastalığıdır ve dokularda non-kazeifiye granülomlarla seyreder. Sarkoidoziste görülen özel granümatöz doku cevabı, tanımlanmamış bir antijene karşı hücrel immün bir cevap olarak düşünülmektedir. Her organ tutulabilir. Bilateral hiler lenfadenopati ve akciğer tutulumu en çarpıcı bulgudur (32). Hastalık kendi kendini sınırlayabilir ya da atak ve remisyonlarla kronik bir seyir izleyebilir. Sarkoidoz baş-boyun bölgesinde genellikle servikal lenf nodüllerini (%40) sonra sırayla, göz (%50), parotis bezi (%7) ve larinks (%6) tutar. Servikal lenfadenopatiler genellikle posterior boyun üçgeninde izlenir. Fizik muayenede düzgün sınırlı, hareketli ve hassas olmayan lenfadenopatiler şeklindedir (26). Servikal lenfadenopati ve çok sayıda parotid lenf nodülü olan olgularda ayırıcı tanıda sarkoidoz ya da lenfoma akla gelmelidir (21).

Castleman Hastalığı

Dev hücreli lenf nodülü hiperplazisi, anjiofoliküler lenf nodülü hiperplazisi, anjiomatöz lenfoid hamatom, lenfoid hamartom olarak da bilinir. Lenfoid dokunun benign hastalığıdır. Etiyolojisi bilinmemektedir. Sıklıkla asemptomatiktir. Lenfadenopatiler en sık mediastinal

kitleler şeklinde izlenir. Toraks dışında boyun, aksilla ve pelviste de izlenebilir ancak tutulum nadirdir. Vasküler lezyonlar gibi homojen kontrastlanma göstermesi tipiktir. Kalsifikasyon içerebilirler. Lenfomadan ayrımı zordur (33,34).

Kawasaki sendromu

Mukokutanöz lenf nodülü sendromu olarak da bilinir. Kawasaki hastalığının etyolojisi belli değildir ve tanı koydurucu klinik ve laboratuvar bulguları bulunmamaktadır. Hastalık genellikle çocuklarda sık görülür. Ateş, servikal lenfadenopati, mukokutanöz bulgular ve koroner arterlerde vaskülit ile karakterizedir. Hastaların %90'dan fazlasında mukokutanöz değişiklikler görülmesine rağmen hastalığın temel özelliklerinden olan lenfadenit hastaların %50-75'de görülür. Lenfadenopati, genellikle tek taraflı, 1,5 cm'den büyük, ağrısız, nonsüpüratif özelliktedir. Histopatolojik incelemelerde yoğun mononükleer hücrelerin infiltrasyonu görülür ve ateşle beraber spontan olarak kaybolur. Hastalığın tanısı, belirli kriterler kullanılarak konulmaktadır (34,35).

Kawasaki hastalığında kullanılan tanı kriterleri:

1. En az beş gündür devam eden ateş
2. Ekstremitte değişiklikleri (el ayası ve ayak tabanında eritem, endürasyon)
3. Döküntü
4. Orofaringeal mukoza ve dudaklarda değişiklikler
5. Bilateral noneksüdatif bulber konjunktivit
6. Servikal lenfadenopati

Tanı: 1 no'lu kriter + diğer kriterlerden en az 4 tanesi veya 1 no'lu kriter + diğer kriterlerden 3 veya daha azı + EKO ile gösterilmiş koroner arter hastalığı (35).

HIV enfeksiyonu

HIV enfeksiyonunda servikal bölgenin her iki yanında lenfadenopatiler izlenmektedir. Lenfadenopatiler spesifik ya da tanı koydurucu değildir. Lenfadenopatiler genellikle viral

enfeksiyonlara (Herpes, sitomegalovirüs, Rubella ve Epstein Barr virüs) bağlıdır. HIV enfeksiyonlarında klasik triad, iki taraflı lenfadenopati, çok sayıda lenfoepitelyal kist ile büyümüş adenoidlerdir (36).

Malign Lenfadenopatiler

Tüm lenf nodülü büyümelerinin %3'ünü oluştururlar. Primer ve sekonder (metastatik) olmak üzere iki gruba ayrılırlar.

Primer Form (Lenfoid Tümörler)

Lenfoid tümörler, boyunda tek ya da çok sayıda kitle olarak izlenir. Boyun lenf nodüllerinden köken alan lenfomalar, boyundaki primer tümöral şişliklerin % 60'ını oluşturur. Lenfosarkom çocuklarda Hodgkin hastalığından hemen daima iki kez daha siktir. Lenfosarkomda görülen lenf nodülleri önceleri lastik kıvamında ağrısız ve hareketlidir. Daha geç dönemde geniş, konglomere lenf nodülleri görülür. Olguların %75'inde tutulum tek taraflıdır. %90 üst servikal ve submandibular, %10 olguda da supraklavikular lenf nodülleri tutulur. Hodgkin hastalığında ise pediatrik olguların %80'inde tek taraflı tutulum izlenir. Bu hastalıkta da üst servikal ve supraklavikular lenf nodülü tutumu siktir. Baş ve boyun bölgesinin primer lenfomalarında, tüm olgularda Waldeyer halkası (palatin tonsil, lingual tonsil ve nazofarinks) mutlaka incelenmelidir. Metastatik lenf nodüllerinin aksine palpasyonda genellikle yumuşaktırlar (1).

Sekonder(Metastatik)

İleri yaşlarda boyun kitlelerinin büyük kısmı neoplazmlara bağlıdır. Bu neoplazmların önemli bir kısmını metastatik lenf nodülleri oluşturmaktadır. Lenfatik drenaj özellikleri doğrultusunda primer odak taranabilir.

Preaurikuler lenf nodülleri: deri, kulak, yüz ve parotis tümörlerinde,

Submental lenf nodülleri: burun ve dudak derisi, ağız tabanı tümörlerinde,

Submandibular lenf nodülleri: yüz, dudak, ağız boşluğu, paranasal sinüsler ve submandibular bez orjinli neoplazilerde,

Superior grup internal juguler lenf nodülleri: Nazofarinks, orofarinks ve ağız tabanı tümörlerinde,

Orta grup juguler lenf nodülleri: hipofarinks, piriform sinüs, larinks, tiroid tümörlerinde sık tutulurlar.

Supraklavikular fossada lenf nodülü palpe edildiğinde genellikle akciğer, mediasten, meme ve üst gastrointestinal sistem tümörleri akla gelmelidir. Sol supraklavikular fossadaki lenf nodülü büyümeleri, mide kanseri metastazlarında belirerek Virchow nodülü adını alır. Batın kitleleride sol supraklavikular lenf nodülü metastazı yapabilir. Üst solunum ve sindirim sisteminden köken alan metastazlar superior juguler zincir lenf nodüllerini de tutabilir. Fizik muayenede fiske ve sert olarak hissedilirler (1).

2.2 Ultrasonografi Fiziği

2.2.1 Ultrasonografinin Tanımı ve Ultrasesin Özellikleri

Ultrasonografi (US) çok yüksek frekanslı ses demeti kullanılarak yapılan görüntüleme yöntemidir. İnsan kulağının duyamayacağı bu dalgalar, demetler halinde gönderilerek vücutta bulunan dokuların taranması için kullanılır. Ses denge durumunda bulunan bir ortamda partiküllerin mekanik titreşimidir. Havada hareket eden mekanik dalgaların kulak zarı üzerinde yaptığı basınç değişikliği ile ses algısı oluşmaktadır. Basınçta meydana gelen periodik değişikliğe ses frekansı adı verilir. Ses enerjisi iletildikçe azalır, saçılır, yansıtılır ve değişik ara yüzlerden eko alınmasına neden olur. Ultrason elektrik sinyallerini mekanik dalgalara dönüştürme yeteneği olan piezoelektrik transduserler tarafından üretilir. Aynı transduser geriye yansıtılan ultrason dalgalarını alarak elektrik sinyallerine dönüştürür. Transduserler ultrasonu hem gönderen, hem de geri alabilen cihazlardır. Transduserler sesin bir dalga şeklinde belirli bir yönde hareketini sağlamak üzere düzenlenmiştir. Yansıtılan ve saçılan eko (dalga) sinyallerinin alınması sayesinde ultrason görüntüleri oluşturulmakta ve Doppler etkisi kullanılarak, hareketin tespiti sağlanmaktadır.

Ses, maddenin içinden geçen mekanik enerjinin basıncındaki değişim sonucunda oluşan bir dalgadır. Zamana göre basınçtaki değişim sesin temel ölçüm birimi olarak kullanılır. Denge durumundaki bir ortam içindeki partiküllerin mekanik titreşimlerinin birim zaman (sn) içindeki tekrarlanma sayısı 16–20000 arasında olduğunda *duyulabilir* ses ortaya çıkar. Titreşimlerin tekrarlanma sayısı 20'den az ise *infrases*, 20000'den fazla olduğunda ise *ultrases* adını alır. **Ultrases** duyulabilir sınırın üzerinde frekansa sahip ses dalgalarıdır.

Birim zaman (sn) titreşim sayısına frekans denir ve birimi Hertz (Hz)'dir. Bunun 1000 katına kilohertz adı verilir ve KHz ile gösterilir. 1.000.000 katına megahertz denir. MHz şeklinde ifade edilir. Doğada canlıların ürettiği seslerin frekansı 20–70 KHz arasındadır. Oysa tıpta tanısal alanda kullanılan ultrasesin frekansı rutin uygulamalarda 2–15 MHz arasındadır (37).

Ultrasesin Elde Edilmesi ve Yayılması

Günümüzde yüksek frekanslı ses elde etmek için piezoelektrik olaydan yararlanılmaktadır. Piezoelektrik olay; elektriksel uyarımın özel olarak yapılmış kristalde meydana getirdiği mekanik kompresyon ultrases olarak çevreye yansırken, kristale dışarıdan isabet eden ultrasesin mekanik basıncı kristali kompresyona uğrattığında elektriksel sinyaller ortaya çıkmaktadır. Bu fizik temelden yola çıkarak elektrik enerjisini mekanik titreşimlere, mekanik titreşimleri de elektrik sinyallerine dönüştürme metoduna piezoelektrik olay denilmektedir (37).

Bu amaçla üretilmiş seramik disklerle *çevirici* anlamına gelen *transduser* adı verilir. Çeviriciler kurşun zirkonat-titanat gibi seramiklerden imal edilmekte ve prob adı verilen bir başlıkta taşınmaktadır (37). Kullanılan seramik maddenin kalınlığı, üretilen sesin dalga boyunun yarısına eşittir. Bu nedenle her çeviricide üretilen ses dalgası belli ve sabit bir frekansa sahiptir (38).

Ultrases dalga şeklinde bir traseye sahiptir, dalga boyu ve amplitüdü (genlik) bulunmaktadır. Birim zamanda (sn) tekrarlayan dalga tepesi sayısına frekans, bir dalga biriminin tamamlanma süresine periyot denilmektedir. Tüm bu özellikleri sonucunda ses ortam içerisinde belli bir hızla yayılmaktadır.

Sesin hızı ve şiddeti

Ultrasonografik görüntüleme puls-eko sistemine dayanır. Transduserde üretilen kısa bir ultrason pulsu dokuya gönderilir. Dokuda yayılım sırasında sesin bir bölümü, farklı yapıdaki dokuların yüzeylerinde yankılanarak transdusera geri döner. Ses yayılım hızı temelde sesi ileten dokunun özelliğine bağlı olup, dalga büyüklüğü ya da frekansına bağımlı değildir. Kural olarak, hava gibi gazlar en düşük ses iletim hızına sahipken, sıvılar orta düzeyde iletkenlerdir. Yumuşak dokularda sesin ortalama hızı 1540 cm/sn olarak bulunmuştur (39). Pulsun üretimi ve yankının algılanması arasında geçen süre ve yankı şiddeti saptanarak, yansıtıcı objenin ne kadar uzaklıkta olduğu ve yansıtıcılık düzeyi hesaplanır. Bu hesaplamalar sonucunda incelenen bölgenin kesitsel anatomisi ortaya konulur.

Tablo 2: Ultrasesin Farklı Dokulardaki Yayılım Hızları (38)

Doku	Hız(m/sn)
Yağ	1450
Beyin	1541
Karaciğer	1549
Böbrek	1561
Dalak	1566
Kan	1570
Kas	1588
Kemik	4080

Sesin Frekans ve Dalga Boyu

Probdaki piezoelektrik elemanlarda saniyede oluşan titreşimlerin sayısı ultrason dalgasının frekansını belirler. Frekans saniyede oluşan döngü şeklinde ya da hertz (Hz) olarak ifade edilir. Ultrasonografik bir ses dalgası, ardı ardına gelen sıkışma (kompresyon) ve gevşemelerden (rarefaksiyon) oluşan longitudinal kompresyonel bir dalgadır. Saniyedeki kompresyon sayısı sesin frekansını, iki kompresyon arasındaki mesafede sesin dalga boyunu belirler. Tanısal amaçlı kullanılan uygulamalarda 1 megahertz (MHz) ile 30 MHz frekans aralığında ses dalgaları kullanılmaktadır. US cihaz üreticileri ve kullanıcıları dokuda yeterli görüntü elde edilmesini sağlayacak yüksek frekans aralığını tercih etmektedir. Yüksek frekans daha iyi uzaysal detay ya da çözünürlük sağlamaktadır. Dalga boyu bir dalga benzer özellik gösteren kısımları arasındaki mesafe olup, sesin hızının (c), frekansa (f) oranına eşittir ($\lambda = c/f$). Dalga boyu cisimlerin boyutlarını, yansıtıcılar ve saçıcılar gibi, tarif ederken önem kazanmaktadır. Dalga boyu kısaldıkça yani frekans arttıkça rezolüsyon artar, fakat birlikte absorpsiyon da artacağı için penetrasyon yani görüntünün derinliği azalır. Yüksek bir rezolüsyona ulaşmak için incelenecek dokuya olabildiğince yakın olmak gerekliliği, endokaviter transduserlerin geliştirilmesine neden olan temel US kuralıdır. Ses dalgasının frekansına uygun dalga boyu kullanıldığında objenin boyutu en uygun şekilde ifade edilir.

Amplitüd (Büyüklik), Şiddet ve Güç

Ses dalgaları ortamda basınç dalgaları oluşturur. Basıncın büyüklüğü ses dalgasının neden olduğu maksimum artış (ya da azalış) olarak tanımlanır. Basıncın birimi Paskal'dır (Pa). 1880 yılında Curie'ler tarafından keşfedilen piezo-elektrik (basınç-elektrik) olayı, quartz gibi bazı kristallerin, mekanik ve elektrik enerjilerini birbirine çevirmesi temeline dayanır. Kristal üzerine uygulanan basınç, elektrik enerjisi ise kristalde genişleme ve daralma şeklinde mekanik enerjiye ve dolayısıyla sese çevrilir. Ortamda herhangi bir noktada ses dalgasının şiddeti (I) basıncın büyüklüğünün karesi alınarak ve $I = P^2/2\rho c$ formülü kullanılarak tahmin edilebilir. Burada ρ ortamın yoğunluğu ve c ses dalgasının hızını göstermektedir. Ultrason şiddetinin birimi watt (w) ın metrekareye (m^2) oranına eşittir (W/m^2). Ultrason dalgasında en yüksek değerlerin saptandığı noktalarda zaman ortalamalı şiddet tipik olarak B-mod görüntülemeye 10 ile 20 mW/cm^2 seviyesindedir. Doppler ve renk kodlamada iş faktörü daha yüksektir. Ayrıca, bu modlarda akustik enerji daha küçük alanlarda yoğunlaştırılır. Doppler modunda renkli incelemede zaman ortalamalı akustik şiddet birkaç yüz mW/cm^2 iken spektral Doppler incelemede bu 1000 ile 2000 mW/cm^2 arasında değişmektedir (21). Tarayıcı tarafından üretilen akustik güç enerjinin probtan yayılım hızı şeklinde tanımlanır. Tanısal ultrason cihazlarında üretilen ortalama akustik güç küçük iş faktörlerinin kullanılması nedeniyle düşüktür. Gri skala görüntülemeye tipik olarak 10 ile 20 mW güç seviyesindedir. Renkli incelemede ise bu düzeyin üç katına ulaşılabilir.

Akustik İmpedans

Akustik impedans, ortamın ses dalgalarının yayılımına gösterdiği dirençtir. Ultrason cihazlarında yansıyan ses (yankı) kullanılarak görüntü oluşturulur. Yankı oluşabilmesi için yansıtıcı ara yüzey gerekir. Tamamen homojen bir ortamdan geçen ses yansıtıcı ara yüzeye rastlamaz, yoluna devam eder ve anekoik görülür. Farklı fiziksel özelliklere sahip ortamlar arasındaki sınırlarda, akustik ara yüzeyler bulunur. Ses yayıldığı ortamdan farklı akustik impedansı olan bir ortamın yüzeyi ile karşılaşır, açı değiştirerek yansır. Geriye yansıma miktarını, ara yüzeyi oluşturan dokuların akustik impedanslarının farkı belirler. Hava ile yumuşak doku arasındaki akustik impedans farklılığı çok fazla olduğundan sesin tamamı yansımaktadır. Bu nedenle US incelemede prob, cilde sürülen jel üzerinden tatbik edilmelidir.

Akustik impedans (Z), sesin yayıldığı ortamın yoğunluğu (d) ve sesin ortamdaki hızına (V) bağlıdır (37).

$$Z= d.V$$

Büyük impedans farklılıkları olan kemik ve hava gibi ara yüzeylerde ses enerjisinin büyük kısmı yansıtılır. Daha az akustik impedans farkı oluşturduğu sınırdan ise (yağ ve kas dokusu) ses enerjisi çok az yansıtılarak yoluna devam eder. Yayılma hızında olduğu gibi akustik impedans dokunun özelliklerine bağlı olup frekanstan bağımsızdır (40).

Ultrasesin Q faktörü

Q faktörü, ultrasesin saflığı ve sesin devam ettiği sürenin uzunluğu ile ilgili bir özelliktir. Yüksek Q faktörü, sesin dar bir frekans bandı olduğunu ve doku içindeki vibrasyonunun uzun sürdüğünü ifade eder (37).

Ringdown

Ses dalgalarının başlaması ve vibrasyonların tam olarak kesilmesi arasındaki süredir. Yüksek Q faktörlü ultrasesin ringdown süresi de uzundur (37).

2.2.2 Ses ve Doku Arasındaki Etkileşimler

Farklı yoğunluklardaki doku yüzeylerinden yansıtılarak geri gelen ultrases dalgalarının algılanması ultrasonografinin temelini oluşturur. Ultrases dalgalarının yansıması ve kırılması düzgün ve büyük yüzeylerde olur. Ancak dokuların içinde benzer olmayan ve ayrı yoğunlukta yapılar mevcuttur. Ultrases demeti bu tür yapılara çarptığında saçılmaya uğrar ve yön değiştirir (41).

Ses ve doku arasındaki etkileşimler, yansıma, kırılma ve zayıflamadır.

Yansıma (Refleksiyon)

Ultrason görüntülerinde izlenen detaylara yansıma ve saçılma katkıda bulunmaktadır. Ses demetinin yansıma özelliği 4 önemli faktöre bağlı olarak gerçekleşmektedir. Bunlar;

1. Akustik impedans farklılığı ile doğru orantılıdır.
2. Ses dalgasının yüzeye yaptığı açı arttıkça, yansıma azalır (İnsidans açısı).
3. Sesin dalga boyu yayıldığı yüzeyden küçükse yansıma, büyükse saçılma, eşitse kırılma olur. Yansıtıcı yüzey ile sesin dalga boyları arasındaki ilişkidir.
4. Düzgün yüzeyde yansıma, düzensizde saçılma olur. İncelenecek olan dokunun yüzeyi ile ilgili bir kavramdır.

İncelenecek dokular arasındaki akustik impedans farkı arttıkça yansıma özelliği de artmaktadır.

Geliş açısı, ses demetinin yansıtıcı yüzeye yaptığı açıdır. Gelen ses dalgalarının kırılma göstermeksizin tümünün yansıdığı açı *kritik açı* olarak nitelendirilir. Kritik açı her ortamda sesin hızı ile değişiklik gösterir. Ses dalgalarının karşılaştığı yüzey düzgün ise yansıma, düzensiz ise saçılma gerçekleşir (37).

Kırılma (Refraksiyon)

Ses dalgalarının bir ortamdan diğerine geçerken yön değiştirmesine denir. Artefaktlara, çözünürlükte azalmaya, uzaysal bükülmeye (distorsiyona) ve ultrasonografi görüntülerinde incelenen yapının yanlış konumlandırılmasına neden olur. Yüksek frekanslı ultrases kullanıldığında kırılma azalır (37).

Kırılma, görüntü rezolüsyonunda kayba, distorsiyona ve artefaktlara neden olması bakımından istenmeyen bir etkidir. Ancak organ parankimi içerisinde saçılma neticesinde elde edilen ekolar ultrason görüntülerinde tanısal detayın büyük bir kısmını oluşturduklarından klinik olarak önem kazanmaktadır. Tanısal amaçlı US frekanslarında, ultrason dalga boyu ile karşılaştırıldığında kırmızı kan hücrelerinin boyutu oldukça küçüktür. Bu boyuttaki saçıcılara “Rayleigh saçıcıları” denir. Doppler ultrasonunda kan akışı, kırmızı kan hücrelerinin neden olduğu saçılma tespit edilip, veriler işlenerek sağlanır.

Soğurulma(Absorbsiyon)

Soğurulma, ses demetinden dokuya enerji aktarımı olup ortama ve ultrasesin frekansına bağlıdır. Soğurulma, frekansla doğru orantılı olarak artar. Yüksek frekanslı ultrases, düşük frekanslı ultrasese göre daha yüzeysel dokularda daha fazla soğurulur. Dokunun sertliği ve kollajen miktarı ile doğru orantılı olarak soğurulma artmaktadır. (37,38).

Atenüasyon

Ses dalgası dokuda ilerlerken şiddeti katedilen mesafe arttıkça azalır. Mesafeyle ilgili bu azalmaya atenüasyon denir. Tıbbi amaçlı ultrason dalgalarında atenüasyon, ortamlar arası yoğunluk ya da ses hızı farklılıklarından kaynaklanan saçılma, yansıma ya da dokuların ses dalgalarını absorbe etmesiyle meydana gelir. Absorbsiyon dokuda ölçülemeyecek kadar küçük miktarlarda ısı artımına neden olur. Atenüasyonun mesafeyle ilişkili hızına atenüasyon katsayısı denir ve birimi desibel (dB)/santimetre (cm) dir. Atenüasyon katsayısı kas ve deri gibi dokularda oldukça yüksek, karaciğer gibi organlarda orta düzeyde, su ile dolu yapılarda ise en azdır. Karaciğer için 1 MHz de 0.5 dB/cm iken, kan için 1 MHz de 0.17dB/cm dir. Atenüasyonun önemli bir özelliği frekans bağımlı olmasıdır. Birçok dokuda atenüasyon frekans ile doğru orantılıdır.

2.2.3 Ultrasonografi Cihazlarının Yapısı

Ultrasesi yayan ve yankıları alan ünite: Ultrases çeviriciler (transduser) tarafından oluşturulur ve geri yansıyan ultrases de yine çevirici tarafından alınır.

İşlem birimi ve zaman sayacı: Bu birim, zaman sayacının komutları doğrultusunda, ultrases enerjisinin üretilmesini kontrol etmek ve geri dönen ses dalgalarının çeviricide meydana getirdiği elektrik enerjilerini görüntüye dönüştürmekle yükümlüdür.

Kayıt ünitesi: Cihazda oluşturulan görüntülerin daha sonra değerlendirilmek üzere çeşitli şekillerde kayıt edilmesini sağlar.

Çevirici (transduser) ve Yapısı

Ultrason dalgalarının gönderilmesi ve algılanması çeviriciler yardımı ile olur. Elektrik enerjisinin mekanik titreşimlere, mekanik titreşimleri de elektrik sinyallerine dönüştürülmesine **piezoelektrik olay** denir. Bir piezoelektrik kristale gerilim uygulandığında, kristal uygulanan voltajın polaritesine, geometrisine ve ilk polarizasyonuna bağlı olarak boyuna, enine ya da radyal olarak çevresine doğru genişler veya daralır. Bu daralıp genişlemeler sonucunda ultrases dalgaları meydana gelir. Önceleri kuartz gibi doğal maddelerin kristallerinden yararlanılırken günümüzde PZT (‘‘Polycrystalized Tetragonal Zirconia’’) ya da polarize edilmiş seramik kristaller kullanılmaktadır. Bu amaçla üretilmiş seramik disklerle çevirici anlamına gelen *transduser* ya da *prob* adı verilir. Çeviriciler kurşun zirkonat-titanat gibi seramiklerden üretilir. Seramik disklerin kalınlığı ile üretilen sesin frekansı arasında ters orantı vardır. Seramik kalınlığı azaldıkça frekans artar, frekans arttıkça dalga boyu azalır (37,38).

Lineer dizilişli transduserlerde bir çizgi üzerine dizilmiş küçük transduser elementlerinin belirli sıralarla uyarılması ile oluşturulan ultrason demeti ile görüntüleme alanı hızla taranır, ekolar ayrı ayrı toplanarak amplifiye edilir. Bu problemlerdeki elektronik ateşleme, hareketli parça gereksinimini ortadan kaldırmıştır. Kurvilineer ya da konveks dediğimiz problemlerde ise transduserler konveks bir dış yüzey oluşturacak şekilde birbirleriyle belirli bir açı yapacak şekilde dizilmişlerdir. Bu şekilde elektronik bir sistem ile dar yüzeyli ancak derine doğru yelpaze şeklinde genişleyebilen ses demeti oluşturarak, sektör problemlerinin küçük giriş kapıları ile lineer dizilişin avantajları birleştirilmeye çalışılmıştır. Bu iki avantajın tam olarak birleştirildiği prob şekli faz dizilişli elektronik problemlerdir. Bu sistemlerde her transduser önüne elektronik gecikme sağlayan devreler konularak transduserlerin belirli bir faz ile uyarılması ve ses demetinin probdan belirli bir açıyla yayılması sağlanabilmektedir. Bu şekilde ‘‘steering’’ özelliğine sahip problemler ve dar yüzeyli konik kesit alanına sahip elektronik sektör problemler geliştirilmiştir (42).

Pratikte kullanılan çeviriciler gerçek zamanlı (real time) olarak kullanılır. Gerçek zamanlı transduserler mekanik ve elektronik olarak ikiye ayrılır.

Mekanik tip çeviriciler dönen diskli ve osilasyon gösteren kristalli olmak üzere kendi aralarında iki gruba ayrılırlar. Mekanik tip çeviricilerin sınırlı çerçeve oranları, inceleme alanı darlığı ve distorsiyon gibi yetersizlikleri göze çarpmaktadır.

Elektronik tipteki çeviriciler, lineer ve faz dizilimli olarak iki gruptan toplanır. Lineer dizilimli çeviricilerde bir çizgi üzerinde dizilmiş sayıları 64 ile 200 arasında değişen kristaller bulunur ve bunların aynı anda uyarılmasıyla oluşan ultrases demeti ile tarama yapılır. Lineer dizilimli çeviriciler ardışık lineer ya da segmental lineer uyarılı olabilir. Segmental uyarılı çeviriciler eş zamanlı çeviricilere göre daha fazla görüntü çizgisi oluşturulduğundan daha kaliteli görüntüler elde edilir. Lineer çeviricilerde bulunan düşük lateral çözünürlük akustik odaklama ile aşılmaya çalışılır.

Faz dizilimli (phased array) elektronik çeviricilerde, çevirici elemanları minimal zaman aralıklarıyla kademeli olarak uyarılır ve görüntüleme alanı süpürülür tarzda taranır. Bunlarda ultrasesin yayılması sektör şeklindedir (37).

2.2.4 Ultrasonografide çözünürlük

Çözünürlük, cihazın yan yana iki noktayı ayırt edebilme gücünü gösterir. İki tip çözünürlük vardır.

(a) Aksiyel çözünürlük: Ses dalgasının izlediği yol boyunca iki farklı noktayı ayırt edebilme yeteneğidir. Aksiyel çözünürlük fizik prensiplerine göre gönderilen pulsun (darbe) uzunluğunun yarısı kadar olabilir (41,43).

(b) Lateral çözünürlük: Sesin dalgasına dik düzlemdeki iki noktayı ayırt edebilme yeteneğidir. Lateral çözünürlük transduserin çapı ve odaklanmasından etkilenir. Demet genişliği azaldıkça, lateral çözünürlük artar. Frekans arttıkça çözünürlük artmaktadır, ancak dalgaının derin dokulara etkisi azalır (41,43).

2.2.5 Ultrasonografik Gösterim Metodları (Mod)

Tanısal radyolojide ses dalgaların gönderilmesi ile dokulardan elde edilen sinyaller monitörde üç değişik biçimde gösterilir.

A- MOD (Amplitüd-genlik modu) : Dokulardan yansıyan ses dalgaları çizgisel bir grafik haline dönüştürülür. Veriler kantitatifdir, incelenen bölge görülmez. Geriye dönen sesin amplitüdlere grafik üzerindeki tepelerin yüksekliğini, tepeler arasındaki mesafede yapıların

vücut içindeki derinliklerini belirler. A mod daha önceki yıllarda göz incelemesinde kullanılan bir yöntemdi.

B-MOD (“Brightness”, Parlaklık modu) : Günlük pratikte kullanılan ve ‘gri skala’ adı verilen moddur. Transdusere geri dönen ses dalgaları, küçük parlak noktalar şeklinde ekran üzerinde görüntülenir. Noktaların parlaklığını geri dönen sesin şiddeti belirler. Bu modda ‘real time=gerçek zamanlı dinamik’ görüntüleme yapılabilir. Ultrasonografik görüntülemelerde vücuda saniyede 500 ile 3000 defa ses pulsu gönderilir. Saniyede 1000 defa puls gönderildiğini varsayarsak her puls iki veya üç dalga içerir. Bu da yaklaşık 5-6 µsn sürer. Her puls arasında bir milisaniye olduğundan bu sürenin 5-6 µsn vuruş, 994 µsn ise dinlenmede geçecektir. Böylece kısa puls (%0.6) ve uzun dinlenme (%99.4) zamanı nedeniyle “real-time” görüntüleme mümkün olmaktadır. “Realtime” görüntülemelerde ses demetinin tarama yapabilmesi için birçok teknik geliştirilmiştir. Mekanik sektör problemlerinde bu hareket transduserin döndürülmesi ya da transduserin arkasına konan bir aynanın hareketi ile sağlanır.

M-MOD (“Motion”, Hareket modu) : İncelenecek organ hareketli ise, bu organdan kaynaklanan ekolar A-modda X ekseninde hareket etmektedir. Bu ekolar B-mod görüntülemeye dönüştürüldükten sonra, başlık hızı sabit tutulup, görüntü elektronik olarak osiloskopta belirli bir hızla kaydırılırsa, hareketli organın derinliklerindeki farklı akustik impedanslı yapı sınırlarından gelen ekolar organın hareketine uyan eğriler çizer. Böylece hareketli organın fonksiyonu hakkında bilgi sağlanabilir. Hareketli dokulardan geriye dönen ses dalgaları zaman-pozisyon grafiği şeklinde kaydedilir. Kalbin incelemesinde kullanılan moddur (ekokardiyografi).

2.2.6 Ultrasonografik Artefaktlar

Ayna artefaktı

Ultrases demetinin güçlü ve düzgün bir yansıtıcı yüzeyle karşılaşması sonucu ortaya çıkar. Güçlü yansıtıcı yüzeyler arasında diyafram, kemik, plevra sayılabilir. Güçlü yansıtıcı yüzeye yakın yerleşimli lezyonlar yansıtıcının arkasında da varmış gibi izlenir.

Kırılma (Refraksiyon) artefaktı

Ultrases demetinin, değişik yayılım hızındaki bir dokudan diğerine geçişi sırasında ortaya çıkan bir durumdur. Ses hızlı yayıldığı solid ortamdan kistik ortama geçtiği sırada, ses demeti konverjans, tersi durumunda da diverjans göstererek kırılır. Karaciğerdeki kistik lezyona bağlı olarak böbrek ya da diyafram konturunun kırılmış görünümü ve fetusta oksipital kemiğin depresyon kırığını andırır görünümü kırılma artefaktının örneklerindendir.

Reverberasyon artefaktı

Çevirici ile incelenen dokular arasındaki akustik impedans farklı çok fazla olduğunda ortaya çıkar. Birbirini paralel takip eden farklı yansıtıcı yüzeyler arasında ses demeti birkaç defa geri dönüp yansır. Tekrarlamalar nedeniyle yansıtıcı yüzeyin derininde giderek azalan ekolar oluşur. Mesane, safra kesesi ve yüzeye yakın kistik yapıların duvarında gözlemlenir. Pozisyon ile yer değiştirmemesi, yer çekiminden etkilenmemesi eko şiddetinin derine doğru azalması gibi özellikleri sayesinde ayırt edilebilmektedir.

Kuyruklu yıldız artefaktı

Ultrases demetinin kendisini zil gibi titreştiren bir yapıyla karşılaştığı durumlarda görülen artefaktır. Yansıtıcı yüzey aracılığı ile çeviriciye arka arkaya yankılar döner ve ardında parlaklığı giderek azalan kuyruk görünümü oluşur. Metalik sütürlar, safra yollarında izlenen gaz, bazı intrauterin kontraseptif cihazlar, biyopsi iğnesi bu artefaktı oluşturabilir.

Akustik gölge artefaktı

Ses demetinin tümünün, yolu üzerindeki bir yapı tarafından geriye yansıtılması sonucunda ortaya çıkan bir artefaktır. Sesin tamamının geriye yansımından ve iletilememesinden dolayı ilgili oluşum hiperekojen, gerisindeki bölge ilgili oluşumun genişliği ile orantılı ekosuz-siyah bant şeklinde izlenir. Kemik, gaz ve kalsifikasyon bu türden artefakta neden olur.

Akustik yankı artımı (güçlenme) artefaktı

Ultras ses demetinin içinden geçtiği doku tarafından komşu dokulara göre daha az zayıflatıldığında ortaya çıkar. Akustik güçlenme daha çok içi sıvı dolu yapıların gerisinde ortaya çıkar. Sıvı dolu yapının arkasında, yankı artımı hiperekojen olarak izlenir.

Duplikasyon artefaktı

Kırılmaya bağlı bir artefaktır. Örneğin obez hastaların abdominal incelemelerinde karın ön duvarındaki yağ doku ile rektus kası arasında yüzey tarafından oluşturulan kırılmaya bağlı olarak tübüler yapılar, çift olarak görülebilir. Orta hat yapılarından superior mezenterik arter, arta hatta yer alan gestasyonel kese, foley sondanın çiftmiş gibi görünümü bu artefakta örnektir.

Kesit kalınlığı artefaktı

Ses demeti kalınlığı, incelenen bölgedeki kistik oluşumun genişliğinden daha fazla olduğunda, ses demetinin bir kısmı kesit planı dışındaki yapılara çarpıp kistin içine doğru uzanım göstermektedir. Bu durumda kistik alan içinde çamur-pü y benzeri görünüm oluşmaktadır. Kazancın düşürülmesi ya da uygun odaklama ile önleneyen bir artefaktır.

Aks dışı(Off-Axis) artefaktı

Ses demetinin ilerleyişi sırasında demetin yoğunluğu merkezden çevreye doğru azalır. Yoğunluk odak alanında en yüksektir. Akustik gölge varlığının önemli olduğu durumlarda (böbrek, safra kesesi taşı gibi) akustik gölgenin ortaya çıkması için çeviricinin odak alanı iyi ayarlanmalıdır (37).

2.2.7. Doppler Ultrasonografi Fiziği

Sabit frekanslı bir ses kaynağı yaklaştıkça daha tiz (artmış frekans), uzaklaştıkça daha pes (azalmış frekans) olarak işitilir. Ses frekansındaki harekete bağlı bu değişime Doppler kayması adı verilir (44,45). Doppler kayması, ilk defa 1843'te Avusturyalı fizikçi J. Christian Doppler tarafından keşfedilmiştir (46).

Ses dalgaları longitudinal hareket eden sıkışma ve gevşeme periyotlarından oluşur. Ard arda gelen sıkışma periyotlarının arasındaki mesafeye dalga boyu (λ), birim zamanda (saniye) tekrarlayan dalga tepesi sayısına frekans (f) denir. Dalga boyu ile frekans ters orantılıdır.

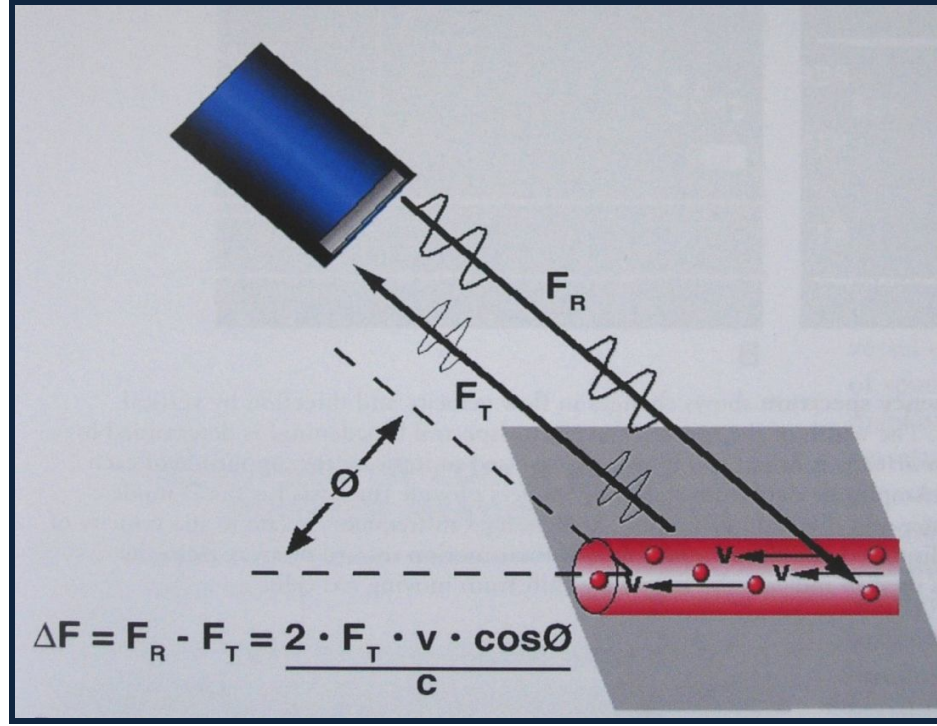
Hareketli yansıtıcı yüzeylerde geri dönen ses dalgalarında Doppler kayması (Doppler etkisi) olarak tanımlanan frekans farklılığı oluşur. Doppler ultrasonografide eko kaynağı eritrositlerin yüzeyidir. Gönderilen ultrasonografik ses dalgasının dalga boyu, eritrosit yüzeyinden çok büyük olduğu için temel olay saçılmadır. Bu tip saçılma "Rayleigh" saçılma olarak bilinir ve miktarı ses frekansının dördüncü dereceden üssü ile orantılıdır. Frekans farklılığının miktarı (ΔF), kan akım hızına (V_o), ses dalgasının kaynaktan çıktığı andaki frekansına (F_t), sesin insan dokusu içerisindeki hızına ($c=1540\text{m/sn}$) ve ultrasonografik ses dalgasının damarın uzun eksenine olan açısına (θ) bağlı olarak değişir. Tüm bu etkiler Doppler eşitliği denkleminde belirtilir: (Şekil 6)

$$\Delta F = 2 \times F_t \times V_o \times \cos\theta / c$$

Doppler denkleminde dikkati çeken önemli parametre " θ " açısıdır. Bu açı, akımın yönü ile ultrases demeti arasındaki açıdır. Kosinüs değeri olarak hesaplanan bu açı 90° 'ye yaklaştıkça Doppler kayması küçülecek, 90° 'de sıfırlanacaktır.

Altmış derecenin üzerindeki açılar için Doppler açısının kosinüsü daha büyük oranda değiştiğinden, doğru açı düzeltmesi için Doppler ölçümlerinin 60° 'in altında yapılması gerekir. 60° 'nin üzerinde, Doppler açısındaki görece küçük değişiklikler $\cos\theta$ 'da büyük değişikliklere neden olur, bu nedenle Doppler açısı ölçümünde küçük bir hata hız ölçümünde büyük değişikliklere neden olabilir (37,38).

Pratikte arteriyel lümenen güvenilir Doppler sinyalleri elde etmek için 30° ile 60° arasında açılı verecek şekilde ses demeti yönlendirilmektedir (44,47).



Şekil 6: Doppler eşitliği denkleminin şematik gösterimi.

Doppler yöntemleri

Renkli Doppler, sürekli dalga Doppler, spektral Doppler ve Power Doppler gibi farklı Doppler ultrasonografi yöntemleri vardır.

Renkli Doppler

Radyolojik uygulamalarda en sık kullanılan Doppler yöntemi, renkli Doppler ultrasonografidir (RDUS). Bu yöntemde, Doppler ölçümünden elde edilen akım bilgisi, B-Mod görüntü ile birlikte gösterilir. Renkli görüntüde her piksel için akım hızının belirlenmesi, özel sinyal işleme devreleri ile gerçekleşir. Dokuya paketler halinde gönderilen ses demetleri, seçilmiş birkaç hedeften geri döner. Bunların her biri için hesaplanan Doppler kaymaları bilgisayarda farklı değerlere ve farklı renk kodlarına atanır. Sinyal fazı, hareketin varlığı ve yönü hakkında bilgi sağlar. Sinyal frekansındaki değişimler hedefin hızı ile ilgilidir. Görüntüde izlenen renkler akımın yönünü yansıtmaktadır (37,40).

Devamlı Dalga ("Continuous wave"= CW) Doppler

Probda biri devamlı ses dalgası üreten, diğeri dönen ekoları saptayan sırt sırta yerleşmiş iki adet transduser vardır. Burada inceleme doğrultusunda bulunan tüm hareketli yansıtıcıların Doppler şifti toplam olarak belirlenir. Yöntemde saptanan frekans değişikliği ses şeklinde verilir. Akımın varlığını ve yönünü saptar. Sesin hangi derinlikten geldiğini ise bilemez.

Spektral ("Pulsed wave"= PW) Doppler

Burada hem verici hem de alıcı olarak çalışan bir çevirici vardır. B-mod görüntü üzerinde Doppler incelemesi yapılacak alan belirlenerek işaretlenir. Bu alana *Örnekleme Alanı* denir. İşlem, ilgilenilen örnekleme alanından yansıyan sesin Doppler kaymasını saptar. Faz değişikliğinden hareketin yönünü, frekans değişikliğinden hareketin hızını hesaplar ve gösterir. Doppler bulgularının B-mod ya da M-mod görüntüleme ile birleştirilerek kullanılmasına Dupleks görüntüleme adı verilir.

Spektral incelemede, monitörde spektral analiz ve B-mod görüntüsü bulunduğundan kan damarlarının durumu da değerlendirilir. Ayrıca B-mod görüntülerde gösterilemeyecek kadar küçük damarlarda akım ölçülebilir ve daralmalar daha duyarlı saptanabilir. Kan akımının yönü, yatay çizginin alt ve üst tarafları ile belirlenir. Çeviriciden uzaklaşan kan akımı çizginin üstünde, tersi altında izlenir. Akım içindeki hız dağılımı spektrumun genişliğini belirler. Ayrıca maksimum hız, ortalama hız gibi akıma ait birçok sayısal değer ölçülebilir (37,48).

Power Doppler

Power Doppler Ultrasonografide (PDUS), Doppler sinyalindeki hız ve yön bilgisi kullanılmaz. Sadece Doppler kaymasının intensitesi ile görüntü oluşturulur. Bir başka deyişle PDUS'ta görüntüyü oluşturan Doppler sinyalinin gücüdür. PDUS kan akışını belirlemede daha hassas ve Doppler açısına daha az bağımlıdır. Bu avantajları ile küçük damarlar ve düşük akış hızı gösteren damarlar görüntülenebilir (45,49).

Power Doppler inceleme, yalnızca akım olan ve akım olmayan alanları ayırabilir. Doppler açısına bağımlı olmadığından “aliasing” artefaktı izlenmez, gürültü azalır. Gürültünün az olması nedeniyle düşük akım duyarlılığı renkli Doppler ultrasonografiden fazladır. Özellikle darlık ve geri kaçışların daha iyi gösterilmesinde yararlıdır. Renal transplantların takibinde, normal böbrek damarlanmasında, perfüzyon ve kortikal akımların gösterilmesinde oldukça faydalıdır. Ancak Doppler bilgileri daha uzun sürede elde edildiğinden harekete karşı hassastır. Nefes tutamayan hastalarda, kalp, akciğer ve büyük damarlara komşulukları gibi hareketlerin fazla olduğu bölgelerde faydası sınırlıdır (37).

Atım Tekrarlama Frekansı ('Pulse Repetition Frequency', PRF)

Ses enerjisi vücuda yüksek şiddette kısa süreli vurular halinde ve uygun atım tekrarlama frekansı (PRF) gönderilir. Atım tekrarlama frekansı, yeni bir darbe (pulse) üretiminden önce sinyallerin maksimum derinliğe ulaşp çeviriciye geri dönebilmesi için yeterli zaman bırakacak frekansta olmalıdır (40). Doğru ölçümleme yapabilmek için doku içine gönderilen darbe geri dönmeden yeni bir darbe gönderilmemelidir. PRF, ölçülecek Doppler kaymasının en az 2 katı olmalıdır. Ayarlama otomatik ya da elle yapılabilir. Doppler frekansını arttırmak için PRF ya da Doppler açısı yüksek değerlerde tutulmalıdır.

Optimal kalitede bir renkli Doppler incelemesi için pek çok parametrenin bilinçli bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Doğru görüntüleme tekniği ve görüntü kalitesini arttırıcı teknik bilgiler sayesinde pek çok artefakt engellenebilmektedir (37).

Doppler Ultrasonografinin Endikasyonları

1. Spektral Doppler analizleri ile akım hızı ve şekillerinde değişiklik oluşturan patolojilerin saptanması

2. Arteriyel perfüzyon değerlendirilmesi (testis ve over torsiyonunda, transplante böbrek rejeksiyonunda olduğu gibi)
3. Akım yönünün saptanması
4. Venöz trombus veya venöz yetmezliğin araştırılması
5. Doku karakterizasyonunun yapılması
6. Akım debisinin ölçülmesi
7. Vasküler yataktaki direncin tespiti
8. Tümör vaskülarizasyonunun ortaya konması

2.2.8. Doppler Frekans Spektrum Analizi ve Ultrason Kan Akış Görüntülemeye Temel Kavramlar

Spektrum Analizi

Kan akışı, dış çeperde lümenin ortasına göre daha yavaştır. Bundan dolayı damar içindeki kan akışı farklı zamanlarda ve damarın farklı yerlerinde değişkenlik gösteren farklı Doppler frekansları üretir.

Doppler Spektrumu

Doppler spektrumu, hareket eden kan tarafından üretilen Doppler frekanslarının bir görüntüsü olarak düşünülebilir. Gerçekte bu görüntü kısa süreli bir zaman kesitinde damarın küçük bir bölümündeki Doppler frekanslarının karışımını gösteren bir grafikdir. Doppler spektrumunun anahtar terimleri zaman, frekans, hız ve Doppler sinyal kuvvetidir.

Güç Spektrumu

Doppler frekans spektrumu bazen “güç spektrumu” olarak adlandırılır. Çünkü her bir frekansın gücü piksellerin parlaklığı ile gösterilmektedir. Bir frekans kaymasının gücü, o frekans değişimindeki kırmızı kan hücrelerinin sayısı ile orantılıdır.

Frekansa Karşılık Hız

Bir kan damarında proba dönen yankılar sadece Doppler frekans kaymasını içerir. Bununla birlikte Doppler frekansı sıklıkla hem hızı hem de frekansı gösterir. Eğer cihaz Doppler açısını bilirse, kan akış hızını Doppler formülü vasıtasıyla hesaplayabilir.

İşitsel Spektrum Analizi

Elektronik olarak görüntülenmesi imkansız veya çok zor olan Doppler akış sinyallerinin bazı özellikleri işitsel olarak insan kulağı tarafından değerlendirilebilir ve bunun sonucu olarak işitilebilir.

Örnekleme Hacmi

Frekans spektrumu Doppler örnekleme hacmi ismi verilen spesifik bir düzeyden bilgisi alınan kan akışını gösterir.

Akış Yönü

Frekans spektrumu proba göre kan akışını gösterir. Probtan alınan bilgiye göre bir yöndeki akış spektrumu bazal çizginin üzerinde gösterilir ve aksi yöndeki akış ise bazal çizginin altında gösterilir.

Dalga Formları ve Pulsatilité

Arterlerde, kalp hareketlerinin her bir döngüsü sistol ile başlayan ve diyastolün sonunda biten farklı bir Doppler frekans spektrum dalgası oluşturur. Dalga formu terimi bu dalgaların her birinin şekline karşılık gelir ve pulsatilité olarak isimlendirilen çok önemli bir akış özelliğini tanımlar. Doppler dalga formları düşük, orta veya yüksek pulsatilité özellikleri gösterir. Düşük pulsatilité özelliklerine sahip Doppler dalga formları geniş sistolik zirvelere ve diyastol boyunca ileri yönlü akışa sahiptir; sistol-diyastol arası hız farkları nisbi olarak azdır. Karotis, vertebral, renal ve çölyak arterlerin hepsi düşük pulsatilité dalga formlarına sahiptir. Düşük pulsatilité özelliği gösteren dalga formları ayrıca monofazik özellik gösterir. Bu akışın her zaman ileri yönde olduğu ve tüm dalga formunun spektrum bazal çizgisinin altında veya üstünde olduğu anlamına gelir.

Orta pulsatilité özelliklerine sahip Doppler dalga formları düşük ve yüksek direnç desenlerine sahip dalga formlarının arasında bulunan dalga formlarıdır. Orta akış direnci ile birlikte, sistolik zirve uzun ve keskindir; fakat ileri doğru akış diyastol boyunca mevcuttur. Orta seviye pulsatilité özelliği gösteren dalga formu örnekleri eksternal karotis arter ve superior mezenterik arterlerde görülebilir (açlık sırasında). Yüksek pulsatilité özelliklerine sahip Doppler dalga formları yüksek, dar ve keskin sistolik zirvelere sahiptir. Ters veya tamamen kesilmiş diyastolik akış gösterirler. Yüksek pulsatilitenin klasik örneği dinlenme

sırasında normal ekstremitte arterlerinde görülen trifazik akış paternleridir. Pulsatilité ve akışdirenci, Doppler spektrum dalga formlarının görsel incelenmesi veya Doppler cihazının ses çıktısının dinlenmesi ile uygun bir şekilde ayarlanabilir. Pulsatilitenin bazı durumlarda (örneğin renal transplant rejeksiyonu) nitelikli bir ayarlama işlemi gerekebilir. Bu amaçla farklı matematiksel formüller kullanılır fakat en popüler hesaplamalar pulsatilité indeksi, rezistivite indeksi ve sistolodiyastolik orandır.

Tablo 3:Pulsatilité indeksi, resistif indeks ve sistolodiyastolik oranlarının açılımı

Pulsatilité indeksi (PI)	$(A-B)/C$
Resistif indeks (RI)	$(A-B)/A$
Sistolodiyastolik oran	A/B

A: Maksimal akım eğrisinin sistolik piki

B: End diastolik maksimal akım

C: Maksimal akım eğrisinin zamansal ortalaması

2.2.9 Harmonik Görüntüleme

Ses dalgası doku içinden geçerken dokuyu komprese ve ekspanse ederek yayılır. Komprese edildiği durumda doku sesi daha hızlı iletirken, ekpanse olduğu durumda daha yavaş iletir. Yani doku içinde ilerleyen sesin doku ile etkileşmesi sonucunda belli derinlikten sonra sesin yüksek basınçlı komponentinin düşük basınçlı komponentinden farklı hareket etmesi ile lineer yayılımı bozulmuş olur. Bu lineer olmayan yayılım sonucu ortaya çıkan ve başlangıç frekansının katları şeklinde olan değişik frekanstaki ses enerjisine *Doku Harmonikleri* denilmektedir.

Çevirici alıcı konumunda başlangıçta dokuya gönderdiği sesin frekansından çıkarılıp, dokuda oluşacak bu harmoniklerin frekansına göre ayarlanırsa birçok artefaktan da arındırılmış görüntüler oluşacaktır. Harmonik demetler probdan çıkan ses demetinden daha dar olduğu için harmonik görüntülemeye gürültü ve saçılma da daha azdır.

Ancak dokuya yakın bölgelerde harmonik oluşturabilecek etkileşim olmadığından ve çok derin bölgelerde de ses enerjisi dokular tarafından emilip azaltılacağından bu bölgelerde harmonikler oluşmaz.

2.2.10 Bileşik ("Compound") Görüntüleme

Ultrasonografide ses demeti küçük ve düzensiz yansıtıcı yüzeyler tarafından saçılmaya uğratılabilir. Bu saçılma sonucu çeviriciye geri dönen sesin çeşitli açılardan ulaşanları ile düzgün yansiyarak ulaşanları birbiri ile girişim yaparak benekli görüntüler meydana gelmesine neden olabilir. Bu benekli görünüm bazen solid-kistik ayrımını engelleyebilecek düzeyde olabilmektedir. Bu durumdan kurtulmak için *Uzaysal Compound* yöntemi kullanılır.

Bu yöntemde ses demeti birden fazla açı ile hedef dokuya gönderilir. Bu şekilde aşırı saçılmaya neden olan düzensiz yüzeyli hedefin hemen her bölgesine yaklaşık dik açı ile ses demetinin isabet ettirilmesine ve düzgün bir yansıma sağlanmasına çalışılır. Oluşan görüntü genelde saçılmanın neden olduğu beneklenmeden kurtarılmış olur. Ancak akustik gölgelenme de ortadan kalkacağından tanı hataları olabilir. Bu nedenle konvansiyonel yöntemle beraber kullanılmalıdır (37).

2.3. US-Elastografi

İnsan vücudunda çoğu patolojik süreç, dokunun kendi mekanik özellikleri (Young modülü, Poisson oranı, kayma ('shear') modülü) ile ilgilidir. Örneğin karaciğerin sertleşmesi, kronik karaciğer hastalığının son evresi olarak kabul edilir. Klinik muayenede, dil, tiroid, deri ve meme kanserleri palpasyon ya da inspeksiyonla saptanır. Meme kanserleri sıklıkla, meme muayenesinde sert ele gelen kitle olarak kendini gösterir. Ayrıca, özellikle pelvisten köken alan kanserler (prostat, rektum, uterus, over gibi), tuşe (internal dijital muayene) ile

saptanabilir. Rektal tuşe, prostat kanserinin tanısında ve evremesinde anlamlı bilgiler sağladığından, kanser taramasında rutin incelemenin bir parçası haline gelmiştir. Ancak palpasyonunda kendi içinde kısıtlamaları bulunur. Dokuda yüzeye yakın ve dokuya göre sert lezyonları ayırt edebildiğinden, hastaların %60'ında evrelemede ve tanıda yanılgıya neden olmaktadır. Bu yüzden tıp alanında dokunun elastik özelliklerini saptamada ve elastisitesi yüksek (Young modülü) dokuları görüntülemeye olan ilgi artmıştır. Elastografi, dokuların esneklik özelliklerini ortaya koyarak yapılan bir görüntüleme yöntemidir. Günümüzde MR ve US-elastografi klinik uygulamalarda yerini almıştır (50,51,52).

2.3.1 US-Elastografi Fiziği

Bir cisim iki ucundan çekilirse germe kuvvetinin etkisi altında kalır. Buna karşılık cisim, uygulanan kuvvete karşı koymaya çalışan bir kuvvet, bir gerilme kuvveti (stres) oluşur.

Genel olarak cisimde oluşan bu gerilme, uygulanan kuvvetin şiddeti ile etki yüzeyine bağlıdır:

$$\text{Gerilme Kuvveti} = \text{Uygulanan Kuvvet} / \text{Alan}$$

Böylece gerilme altında bulunan cismin boyutlarında değişiklik olur; yani cisim zorlanmaya (strain) uğrar. Eğer etki eden kuvvet cismin yüzeyine dik ise cisimdeki zorlanmalar uzunlukta görülür. Bu nedenle bu tip gerilmeye çekme zorlanması (tensile stres) ve cismin uzunluğundaki değişikliğe de çekilme zorlaması (tensile strain) denir. Gerilmeye, zorlanmaya maruz kalan bu cismin uzunluğunda kaydedilen değişime ise çekilme zorlanması adını alır.

Çekilme Zorlanması = $(L - L_0) / L_0 = \Delta L / L_0$ kadardır. Burada L_0 cismin kuvvet uygulanmadan önceki uzunluğu; L ise kuvvet uygulandıktan sonraki yani gerilme altındaki uzunluğudur.

Eğer, kuvvet uygulanan alana dik değilse, bu takdirde kuvvetin alana dik (F_d) ve alana teğet (F_t) bileşenlerinin her biri, sırasıyla alana dik ve alana teğet olmak üzere iki gerilme bileşenini doğurur. Gerilme kuvvetinin alana dik bileşeni yukarıda da bahsedildiği gibi

çekilme zorlanmasına neden olur. Alana teğet bileşeni (t) ise kayma zorlaması (shearing stress) adını alır ve cisimde kayma zorlanmasını meydana getirir. Dolayısıyla yüzeye dik olamayan bir gerilme iki doğrultuda zorlanmalar oluşturur. Uygulanan kuvvet karşısında, bazı cisimlerde ölçülen zorlanmalar küçük, bazılarında ise büyüktür. Zorlanmaları daha büyük olan cisimleri diğerlerine nazaran daha elastik cisimler olarak nitelendiririz. O halde, bir cismin elastisitesini belirlememizi sağlayan faktör cisimde oluşan gerilme kuvveti ve zorlanma miktarıdır. Fizikte bir cismin elastisitesi gerilme kuvvetinin zorlanmaya oranı ile belirtilir ve gerilme modül kavramı ile ifade edilir. Fakat, yukarıda da bahsedildiği gibi, gerilme kuvvetinin iki bileşeni varsa, aynı gerilme kuvvetinin bileşenlerine ve zorlanmalarına bağlı olarak değişik değerler ve adlar alır.

Gerilme kuvvetinin yüzeye dik bileşeninin cisimde yarattığı çekilme zorlanmasına oranı alınarak gerilme modülü veya Young modülü hesaplanır. Young modül değerinin hesabı şöyledir:

$$\text{Young Modül} = \text{Gerilme Kuvveti} / \text{Zorlanma}$$

Tablo 4: Bazı maddelerin Young modülleri (53).

MADDE	YOUNG MODÜLÜ (N/m ²)x10 ⁹
Kemik	16
Cam	70
Çelik	200
İpek	6
Lastik	0.003

Young modülü, dokunu çeşitli büyüklükteki gerilmelere ne şekilde davranacağını gösterir. İncelenen dokunun şekil ve boyut özelliklerinden bağımsızdır. Dokunun mekanik özellikleri hakkında bilgi verir ve esneklikleri farklı olan dokular arasında kıyaslama imkanı

sağlar. Dokuların bu farklı mekanik özellikleri, *elastografi* denilen ve dokuların uygulanan strese verdikleri cevap farklılıklarını oransal olarak gösteren yeni bir modalitenin doğmasına sebep olmuştur (54-57).

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 (54).

$$\frac{F}{A} = Y \times \frac{\Delta L}{L}$$

F : Uygulanan kuvvet

A : Kesit alanı

Y : Young modülü (N/m²)

ΔL: İlk ve son boy arasındaki farkı

L : Boy

Esnek şekil değişikliğinin *uzama*, *hacimce değişme*, *kayma* 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 (58).

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

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;

$$\frac{\Delta h}{h} = -\frac{\Delta w}{w} = \sigma \frac{\Delta L}{L}$$

şeklinde yazılabileceği gösterilmiştir. Burada σ madde özelliğidir ve *Poisson oranı* olarak isimlendirilir. Başka bir ifadeyle, Poisson gerilmesini bir cismin uzarken incelmesi olarak da ifade edilebilir. Cismin boyu uzarken cisim çapı azalmaktadır (54).

Sıkışma Esnekliği

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

$$P = -B \frac{\Delta V}{V}$$

P : Basınç

V : Hacim

ΔV : Hacimdeki değişiklik

B : Sıkışma esnekliği modülü (*Bulk Modulus*)

Sıkışma esnekliği modülünün katılarda;

$$B = \frac{Y}{(1 - 2\sigma)}$$

olduğu gösterilmiştir. Katı maddelerin esnekliği genellikle Y ve B cinsinden belirtilir (54).

Kayma(Shear) 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 (54).

Ultrasonografik görüntülemelerde, elastisite görüntüleme teknikleri 4 gruba ayrılır (52):

- 1.Sonoelastisite veya titreşim (vibrasyon) görüntüleme (Vibrasyon sonoelastografi)
- 2.Elastografi veya gerinim (strain) görüntüleme
- 3.Transient Elastografi (Gelip geçici dalgalarla uygulanan elastografi)
- 4.Dolaylı (Remote) palpasyon

Sonoelastisite

Sonoelastisite, düşük frekanslı titreşimlerin dokuda yayılmasına karşılık gelir. Bu yöntemde düşük frekanslı titreşimler Doppler yöntemi kullanılarak ölçülmüştür. 1987 yılında Krouskop ve arkadaşları, dokulardaki hareketi uyarmak için zorlu titreşimi (forced vibration) kullanmışlardır. Dokuda meydana gelen hareketler ise ultrason aracılığı ile saptanmıştır. Amaçları, noninvaziv olarak dokunun Young modülünün ölçümüdür. Ancak bu yöntemde görüntülemeye başvurulmamıştır. Lerner ve arkadaşları ise bugün sonoelastografi olarak adlandırdığımız, ultrason ve zorlu düşük frekans titreşimi kullanan sonoelastisite görüntülemeyi ilk olarak önerenlerdir. Daha önce kullanılan diğer sonoelastografi tekniklerinin aksine, bu teknik farklı yerdeğiştirme cevabı veren, elastisitesi farklı (Young modülü) dokulara kontrollü mekanik vibrasyon uygular.

Elastografi

Ophir ve arkadaşları, elastografi olarak adlandırdıkları, statik veya quasi-statik elastisite görüntüleme tekniğini önermişlerdir. Doku örnekleme için kompresyona başvurulur, daha sonra pre-kompresyon ve post-kompresyon ekoları, dokudaki gerinim

haritasını kullanan teknikler ile karşılaştırılır. Gerinim haritaları, ilgi alanındaki elastisite dağılımını yansıtır.

Transient Elastografi (Gelip geçiçi dalgalarla uygulanan elastografi)

Catheline ve arkadaşları transient elastografiyi, yeni bir elastografik teknik olarak adlandırmıştır. Bu yöntem, dokuda yer değiştirmeye neden olan düşük frekanslı titreşimi kullanır. Bu yer değişimi, puls eko ultrason ile saptanabilmektedir. Yöntemde önden giden dalgaların yansıyanlarla karışmaması için kısa sürelerle sürekli yinelenen vurular kullanılmaktadır.

Dolaylı Palpasyon

Sugimoto ve arkadaşları, yumuşak dokuda lokal deformasyon oluşturan odaklı ultrason çeviricisi (focused ultrasound transducer) kullanarak, derin dokuların dolaylı palpasyonunu amaçlanmıştır. Dokuda oluşan deformasyonu ölçmek amacıyla puls eko ultrason tekniği kullanılmıştır. Deformasyon-zaman eğrisi kullanılarak doku sertliğinin ölçümü amaçlanmıştır.

Elastografi, tekrarlanan bası etkisine karşı dokuların sertlik özelliklerine göre verdikleri esneyebilme yanıtını ölçen bir görüntüleme yöntemidir (53). 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. Elastogram ise dokuların farklı gerinim miktarlarını haritalayan yöntemdir (53,59). Dokunun her noktasındaki yer değiştirmeler, B-mod inceleme üzerine bindirilmiş gerçek zamanlı tarayıcılar tarafından farklı renklerle kodlanır. Kodlamadan sonra ortaya çıkan görüntü dokunun elastogramıdır. Renk kodlamaları gri skalada ya da renkli olarak yapılabilir. Renk kodlamaları, cihazın yazılımına göre farklı cihazlarda farklı renklerde olabilir.

Dokuya uygulanan stres ile görüntü oluşturabilme ve optimal görüntü elde edilmesi arasında ilişki vardır. Ancak, uygulanan basının incelenecek alana dik olarak yapılması

önemlidir. Aksi durumlarda görüntü elde edilmesi daha zor olmaktadır ve elde edilen görüntülerde artefaktlar oluşabilmektedir.

Elastografinin değerlendirilmesinde önemli rol oynayan iki tanımlama bulunmaktadır. Bunlar; bellek modülü (Storage modul) ve elastik kontrasttır (59).

Bellek modülü (Storage modul)

Young katsayısının önemli bir parçasıdır. Doku ya da cisimin elastik özelliğinin ölçümüdür.

Δ =gerinim/stres olarak ifade edilir. Birimi KPa'dır (59).

Elastik kontrast

İncelenen lezyon ile çevreleyen dokunun esneklik katsayıları arasındaki farktır. Elastogramın kalitesi, dokudaki elastik kontrastlar ile yakından ilişkilidir (29).

2.3.2. US-Elastografide görüntü kalitesini etkileyen faktörler

Havre ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada elastografi kalitesini potansiyel olarak etkileyen bazı faktörler değerlendirilmiştir (59). Bunlar;

Çeviricinin titreşim hızı

Gerinim oluşturabilmek için dokuya manuel olarak, dik olarak belli bir hız ile tekrarlayan basılar uygulanır. En iyi görüntü kalitesinin 80 ila 120 vuru/dak hız ile uygulanan elastogramlar ile elde olunduğu, 40 vuru/dak'nın altındaki ve 160 vuru/dak'nın üstündeki vuru hızların elastogram kalitesinde azalmaya yol açtığı ifade edilmiştir.

İlgi alanı (Region of Interest, ROI)

Elastografi ile incelenecek 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 kapsanması 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 etkilenmektedir (59).

Çerçeve (frame) hızı

Özilinti (autocorrelation) için gerinim verilerin hangi sıklıkta toplandığını ifade etmektedir. İlgi alanının genişlik ve derinliğine uygun değer seçilmelidir. Derin ve daha büyük örnekler için 6-13 çerçeve/sn, daha yüzeysel ve küçük dokular için 7-16 çerçeve/sn arasında değerler seçilmelidir. Çerçeve hızı, görüntü kalitesini probun hareket hızı ile birlikte etkilemektedir. Prob daha yavaş hareket ettirildiğinde, gerçek-zamanlı elastogram elde edebilmek için daha düşük çerçeve hızı değerleri kullanılmalıdır.

Elastografi yazılımının kullandığı bazı parametreler (dinamik dağılım, süreklilik gibi) ve çeviricinin frekansının doku derinliğine göre seçilmesi elastografi kalitesini etkileyen diğer faktörler olarak sayılabilir (59).

2.3.3 US-Elastografinin Kullanım Alanları

Elastografinin meme ve prostat kanserini göstermedeki yüksek duyarlılığı deneysel ortamda ve çeşitli klinik çalışmalarda gösterilmiştir (60-63). Elastografi, günümüzde meme, prostat, tiroid, lenf nodu, pankreas, karaciğer gibi yapıların görüntülenmesinde kullanılmaya başlanmıştır.

2.4. Servikal Lenf Nodülleri ve Patolojilerinin Değerlendirilmesinde Ultrasonografi

Malign lenfadenopati tanısı, şüpheli malign neoplazili hastalarda ve primer baş-boyun malign tümörü olan hastalarda tedavi öncesi evrelemede ve tedavi planlanmasında önem taşır.

Metastatik lenf nodülünün varlığı 5 yıllık sağ kalım oranını % 50`ye düşürürken, ek olarak karşı yanda metastatik lenf nodülü saptanması 5 yıllık sağ kalım oranını % 25`e düşürür (64).

Ultrasonografi, servikal lenf nodüllerini değerlendirmede kullanılan hızlı, ucuz ve güvenilir bir görüntüleme yöntemidir. Ultrasonografi, servikal lenf nodülü değerlendirmede yüksek duyarlılık ve özgüllüğe sahip olup ince iğne aspirasyon biyopsisi ile kombine edildiğinde duyarlılık %98 ve özgüllük %95`e ulaşmaktadır (65).

B-mod ultrasonografi ile servikal lenf nodülünün sayısı, boyutu, yerleşim yeri, şekil ve kenar özellikleri, iç yapısı, ekojenitesi, hilus varlığı, mikronodüler görünümü, intranodal nekrozun ve kalsifikasyonun varlığı ve komşu yumuşak dokuda ödem değerlendirilir (4-8).

Doppler ultrasonografi ile lenf nodüllerinde kan damarlarının dağılımı, intranodal rezistans ve kan akım hızı hakkında bilgi edinilebilir. Power Doppler ultrasonografi, renkli Doppler ultrasonografiye göre düşük kan akımına sahip küçük damarları daha iyi göstermektedir. Ancak, harekete daha duyarlı olduğundan dolayı koopere olmayan hastalarda, büyük arter komşuluğunda yer alan lenf nodüllerinin ve şişman hastalarda yer alan derin yerleşimli lenf nodüllerinin incelenmesinde teknik olarak zordur (66). Spektral incelemede, damar direncini yansıtan rezistif indeks (RI), pulsatilite indeksi (PI) ve kan akım hızları hesaplanır (4).

Rutin incelemelerde sıklıkla boyunda özellikle submandibular, parotis, üst servikal ve posterior üçgenlerde normal lenf nodüllerine rastlanmaktadır (8). Bu durumda normal ve anormal lenf nodüllerinin ayrımı, anormal lenf nodüllerinde ise benign-malign ayrımı önem kazanmaktadır.

Servikal Ultrasonografide Teknik

Servikal bölgenin sonografik tetkiki hastanın sırtüstü yattığı pozisyonda ve boyun hiperekstansiyonda iken yapılmalıdır. İncelemeye submental bölgenin transvers taraması ile başlanır. Hastanın başı karşı tarafa döndürülür ve transduser kraniale doğru açılarak mandibula korpus inferior kenarı boyunca submandibular bölge incelenir. Parotis bezleri mandibula ramusu boyunca longitudinal ve transvers taramalar ile değerlendirilir. İnternal juguler ven ve karotis arter anteriorunda yerleşim gösteren juguler zincir lenf nodüllerini incelemek için, parotis bezi kuyruk kesimi ile internal juguler-subklavian venlerin birleşimi arasındaki boyun bölgesi transvers taramalar ile incelenir. Bu lenf nodülleri; üst servikal (hyoid kemik seviyesinden), orta servikal (hyoid kemik ve krikoid kıkırdak düzeyi arasında), ve alt servikal (krikoid kıkırdak seviyesinin altında) olmak üzere üç gruba ayrılabilir. Alt servikal bölgede transduser laterale ve kaudale açılarak supraklaviküler fossa incelenebilir. Posterior servikal üçgen için, mastoid ile sternokleidomastoid ve trapezius kasları arasındaki bölgenin transvers taraması ile incelenebilir. Servikal bölgenin sonografik incelemesi 7.5-13MHz lineer probalar kullanılarak yapılır. US'nin temel prensiplerinden birisi; yüksek frekanslı transduserler (>10 MHz) yüzeysel lenf nodüllerinde daha iyi çözünürlük sağlarken, düşük frekanslı transduserlerin (5MHz) derin yerleşimli lenf nodüllerinde daha iyi çözünürlük sağlamasıdır (2).

Lenf Nodüllerinin Normal Sonografik Görünümü

Lenf nodülleri, dış hipoekoik korteks ve iç hiperekoik medulladan oluşmaktadır. Medullanın ekojenik görünüşünü, lenfatik kordlar ve sinüslerin yoğun ağ yapısına bağlıdır. Birçoğu sonografik ışınlara dik yerleşimli olan bu sinüsler arasındaki sayısız arayüz güçlü yansıtıcı yüzeyler oluşturur. Diğer taraftan, lenfoid foliküllerin homojen yapısı korteksin hipoekoik görünümünü ortaya çıkarmaktadır (22,67).

Normal lenf nodülleri oval şekillidir. Korteks uniform kalınlığa sahiptir. Normal lenf nodülleri hiler vaskülarite gösterir ya da avaskülerdir (68,69).

Servikal Lenf Nodüllerinin Ayırıcı Tanısında Kullanılan Sonografik Özellikler

Dağılım

Normal ve reaktif servikal lenf nodüllerine genellikle submandibular, parotis, üst servikal ve posterior üçgenlerde rastlanmaktadır. Metastatik lenf nodülleri için belirli bir bölge yoktur. Primer tümörü bilinen hastada, metastatik lenf nodüllerinin dağılımı, metastazları tanımlamada ve tümör evrelemesinde yardımcı olmaktadır. Primeri bilinmeyen tümörü olan hastalarda ise, metastatik olduğu kanıtlanmış lenf nodüllerinin dağılımı, primer tümör tanımlamada ipucu verebilmektedir. Özellikle tüberküloz ve lenfomatöz lenf nodüllerinin dağılımları spesifiktir (7,8). (Tablo 5)

Sayı

Sağlıklı bir bireyde en az beş ya da altı servikal lenf nodülü rutin sonografik incelemede saptanabilir. Normal servikal lenf nodüllerinin ortalama sayısında belirgin bir ırksal ya da seksüel fark yoktur. İlerleyen yaşla birlikte sayılarında azalma izlenir (2).

Tablo 5: Metastatik, lenfoma ve tüberküloza ait lenf nodüllerinin sık yerleşim yeri.

	Sık tutulan lenf nodu grupları
Orofarinks, hipofarinks, larinks karsinomlarının metastazları	İnternal juguler zincir
Oral kavite karsinomlarının metastazları	Submandibular Üst servikal zincir
Nazofarinks karsinomlarının metastazları	Üst servikal zincir Posterior üçgen
Tiroid papiller kanseri metastazları	İnternal juguler zincir
Baş-boyun bölgesi dışından kaynaklanan metastazlar	Supraklavikular fossa Posterior üçgen
Non-Hodgkin Lenfoma	Submandibular Üst servikal zincir Posterior üçgen
Tüberküloz	Supraklavikular fossa Posterior üçgen

Şekil

Normal veya reaktif lenf nodülleri genellikle oval ve fuziform şekilli; metastatik ve lenfomatöz lenf nodülleri ise genellikle yuvarlak şekillidir. Tüberküloz gibi granümatöz infeksiyonlar haricinde birçok inflamatuvar hastalıkta, lenf nodülleri diffüz ve homojen etkilenmiş olup genellikle oval şeklini korumaktadır. Tümöral infiltrasyonda ise özellikle korteks tutuluşu ön plandadır ve yuvarlak, asimetrik morfoloji ile sonuçlanan çoğunlukla multifokal tutulum gözlenir (7).

Lenf nodüllerinin şekli, uzun eksen boyutunun kısa eksen boyutuna oranı ile ölçülür. Düşük uzun eksen/kısa eksen oranı birçok çalışmada malignitenin önemli bir göstergesi olduğu tespit edilmiştir (2,22,67,70). Ancak, yapılan çalışmalarda farklı eşik değerleri ileri sürülmüştür. Yüksek eşik değerler kabul edildiğinde düşük özgüllük ve genel olarak düşük doğruluk oranları elde edilirken, düşük eşik değerler kabul edildiğinde ise oranlar yüksek duyarlılık ve düşük özgüllük değerleri ile sonuçlanmaktadır (22,67,70). Bu nedenle, uzun eksen/kısa eksen oranı lenf nodüllerinin değerlendirilmesinde daha az faydanılan parametreleri biridir. Uzun eksen/kısa eksen oranının doğruluğu normalde yuvarlak olma eğiliminde olan küçük lenf nodüllerinde daha da düşüktür (70).

Boyut:

Büyümüş lenf nodüllerinin tam ve doğru bir şekilde değerlendirilmesinde transvers çap ölçümü gereklidir. Evrelendirme ve takip amaçlı lenf nodülü ölçümleri, transvers düzlemde yapılacak incelemelerde gerçekleştirilmesi önerilmektedir. Servikal bölgede 7-10 mm arasında eşik değerler tanımlanmıştır. Malign lenf nodülleri büyük olmaya meyillidir. Enflamatuvar lenf nodülleri de malign lenf nodülleri kadar büyük olabilir. Ancak lenf nodülü metastazlarının % 33-71'inde lenf nodüllerinin maksimum çapı 1cm'den küçüktür. Bu nedenle boyut önemli bir kriter olmayıp bilinen malignitesi olan hastalarda, kontrolleri esnasında lenf nodüllerinin boyut artışı göstermesi daha anlamlı olup tedavi etkinliğinin takibinde önem kazanmaktadır (1,4,22,66,71).

Kontur

Reaktif ve normal lenf nodülleri, keskin olmayan sınır özelliğine sahip olup, metastatik ve lenfomatöz lenf nodüllerinde ise durum farklıdır. Tümoral infiltrasyon ve lenf nodülünde yağ depozisyonunun azalması sonucu lenf nodülü ile çevre yumuşak doku arasında keskin bir akustik fark oluşur. Bu nedenle malign lenf nodüllerinde keskin sınır özelliği izlenir. Keskin olmayan sınırlar, tuberküloz lenf nodüllerinde sık izlenir. Bu durum lenf nodülü çevresinde izlenen ödem ve inflamasyonun (periadenitis) sonucudur. Malign olduğu bilinen lenf nodüllerinde izlenen keskin olmayan sınır özelliği ekstrakapsüler yayılımı işaret eder ki bu da hastanın prognozunu değerlendirilmesinde önemli bir bilgidir (4,8,72,73).

Hilus

Normal lenf nodüllerinde hilus sonografik olarak ekojen görünümde olup çevre yumuşak doku ile devamlılık gösterir. Malign lenf nodüllerinde ise korteksin malign infiltrasyonu sonucu hilus eksantrik yerleşip inceler ya da tamamen kaybolur (8). Metastatik, lenfomatöz ve tuberküloz lenf nodüllerinde genellikle hilus net olarak izlenemez ancak tutulumun erken döneminde ekojenik hilus izlenebilir (74). Bu yüzden ekojenik hilusun varlığı ya da yokluğu tanıda tek başına anlamlı değildir (4). Ekojenik hilus normal ve anormal lenf nodüllerinde bulunabilir, bu nedenle ekojenik hilus varlığı/yokluğu servikal lenf nodüllerinin değerlendirilmesinde tek kriter olmamalıdır (7).

Ekojenite ve İç yapı

Normal, reaktif, lenfomatöz lenf nodülleri ve tuberküloz lenf nodülleri komşu kas dokusu ile karşılaştırıldığında genellikle hipoekoiktir. Benign lenf nodüllerinin iç yapısı homojen olup, akut lenfadenitlerde posterior eko tek bulgu olabilir. Tuberküloza ait lenf nodülleri intranodal kistik nekroza bağlı belirgin hipoekoik gözlenir. Metastatik lenf nodülleri genellikle hipoekoik olup, iç yapısı heterojen ya da nekroz odakları, fibrozis ve kalsifikasyonlara bağlı mikst görünümde olabilir. Tiroidin papiller karsinomunda metastatik lenf nodülünde tiroglobulin birikimine bağlı hiperekojen görünüm izlenebilir. Lenfomatöz lenf nodüllerinde pseudokistik görünüm lenf nodülünde hipoekojenite ve posterior gölgelenme olarak tarif edilmekte olup lenf nodülünün yüksek selüler içeriğine bağlı olarak ortaya çıktığı ifade edilmektedir. Ancak yeni geliştirilen problemlerin kullanılması ile birlikte lenf

nodüllerinde pseudokistik görünümünden çok mikronodüler görünüm tariflenmeye başlanmıştır (1,4,75-82).

Kalsifikasyon

Kalsifikasyonlar metastatik lenf nodüllerinde genellikle nadirdir, ancak tiroidin papiller ve medüller karsinomlarının metastatik servikal lenf nodüllerinde mikrokalsifikasyonlar görülebilir. Özellikle papiller tiroid kanserlerinde siktir (% 50-69) ve tanısıl bir gösterge olarak kullanılabilir (7).

Kaba kortikal kalsifikasyonlar tüberküloz gibi granülomatöz hastalıkların bir özelliğidir. Metastatik lenf nodüllerinde de kemoterapi veya radyoterapi sonrası kalsifikasyon olabilir (22).

İntranodal nekroz

Malignitesi bilinen bir hastada lenf nodülünde nekrozun saptanması, metastaz açısından şüphe uyandırmalıdır. Malign lenf nodüllerinde nekrozun nedeni, malign hücrelerin medullayı infiltre ederek kan akımını kesmesidir. İntranodal nekrozlar iki tiptir; Koagülasyon nekrozu ve kistik (likefaksiyon) nekrozu. Koagülasyon nekrozu, intranodal ekojenik odak olarak, kistik nekroz ise lenf nodülünde düzensiz sınırlı ekolüsen alan olarak izlenir. Kistik nekrozlar, skuamöz hücreli karsinom ve tiroid papiller karsinom metastazlarında siktir. Tüberküloz lenf nodüllerinde ise hem koagülasyon hem de kistik nekroz ile karşılaşılabilir. Koagülasyon nekrozu nadir görülen bir bulgudur ve hem malign hem de enflamatuvar lenf nodüllerinde bulunabilir (4,7,22,66).

Kortikal kalınlaşma

Metastazlar lenf nodüllerinde öncelikle kortikal sinüsleri ve subkapsüler alanı infiltre eder. Subkapsüler sinüste tümöral hücre birikimleri lenf nodülü dış konturunda fokal lobulasyon oluşturma eğilimindedir (22,67). Hilus, kortekste kalınlaşmanın referans noktasıdır. Korteks, hilusun transvers çapının yarısından daha genişse kalın olarak kabul edilir. Lenf nodülünün korteksi, korteksin en dar olduğu noktadaki çapının en az iki katı

kalınlığında ise asimetrik olarak kabul edilir. Eksantrik kortikal genişleme metastatik lenf nodüllerinin karakteristik gri skala bulgularındandır. Benign lenf nodüllerinde ise difüz kortikal genişleme izlenir (66).

Damarlanma Özellikleri

Onkogeneziste artmış kan akımı sık karşılaşılan bir bulgudur. Yeni oluşan damarlar ince duvarlıdır, kas tabakaları yoktur, arteriovenöz şantlar nedeniyle kaotik bir dağılım paternine sahiptirler. Buna dayanarak meme, karaciğer, böbrek gibi organlarda Doppler ultrasonografi ile tümör vaskülarizasyonu çalışılmıştır. Benzer şekilde servikal lenf nodülleri de RDUS ve PDUS ile incelenerek benign-malign ayrımı yapılmaya çalışılmıştır (66,82).

Lenf nodüllerinin damarlanma özellikleri dört ana gruba ayrılabilir (5):

- 1. Hiler:** Hilusdan radial olarak yayılan akım,
- 2. Kapsüler (ya da periferik):** Lenf nodülü periferinde hiler damarlardan orijin almayan periferden lenf nodülünü perfore olan akım sinyalleri,
- 3. Mikst:** Hem hiler hem de periferik akımın bulunması,
- 4. Avasküler:** Lenf nodülünde akımın olmaması.

Normal ve reaktif lenf nodüllerinde damarlanma avasküler ya da hiler ve perihiler bölge ile sınırlı olma eğilimindedir. Metastatik lenf nodülleri periferik (subkapsüler) veya mikst tip damarlanmaya sahip olma eğilimindedir. Lenfomatöz lenf nodüllerinde periferik damarlanma daha nadirdir; genellikle mikst tipte damarlanma gözlenir (8,83,84). Vaskülaritedeki bu farklılık, lenf nodülleri içindeki neoplazik hücrelerin yayılımı ile açıklanmaktadır. Metastazlarda, neoplazik hücrelerin ilk yerleşim yeri lenf nodülünün subkapsüler sinüsleridir ve sentripedal yayılım gösterir. Lenfoma, sıklıkla lenf bezinin iç kesimini etkilenir, subkapsüler alana asla ulaşmaz veya sentrifugal şekilde ilerler ve tüm lenf nodülünü tutabilir. Metastatik lenf nodüllerinde sadece periferik damarlanma sık görülür ve özellikle subkapsüler besleyici damarların varlığı metastaz için oldukça spesifiktir (85). Enflamasyon vazodilatasyona ve normal hiler arterlerde artmış kan akına neden olur, ama neovaskülarizasyon oluşumuna yol açmaz (67). Tüberküloz lenf nodülünün Doppler

sonografideki vasküler paterni, hem benign hem de malign nedenleri taklit edebilmesi nedeniyle çeşitlidir (8,86).

Ultrasonografi Eşliğinde İnce İğne Aspirasyon Biyopsisi

Ultrason eşliğinde yapılan ince iğne aspirasyon biyopsisinin yüksek duyarlılık (% 89-98), özgüllük (% 95-98) ve doğruluk (% 95-97) ile servikal lenfadenopati değerlendirilmesinde doğru bir yöntem olduğu gösterilmiştir (87,88). Bu teknik kör İİAB ile karşılaştırıldığında daha doğru bilgi sağlar çünkü işlem esnasında iğne ucunu izlemek ve lenf nodülünün en şüpheli alanına iğnenin yönlendirilmesi mümkündür (89). US eşliğinde İİAB ile baş ve boyun kanseri olan hastalarda servikal lenf nodüllerinin % 93'ünde doğru nodal evrelemenin yapılabildiği ancak, N0 karsinomlarda okült metastazların % 18'inin atlandığı rapor edilmiştir (87,90).

Sonuçlarının çok iyi olmasına rağmen operatör bağımlı olması ve sonuçların operatörler arası değişkenliği US'nin bu alandaki yaygın kullanımını sınırlandırmıştır. Ayrıca, invaziv bir işlem olması nedeniyle, her bir lenf nodülüne (5mm'den küçük) ince iğne aspirasyonu yapmak zordur.

3.GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamıza Ağustos 2010 ve Mart 2012 tarihleri arasında Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi “Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları Anabilim Dalı” ile “İç Hastalıkları Anabilim Dalı” na bağlı Hematoloji ve Onkoloji Bilim Dalları, “Genel Cerrahi Anabilim Dalı”, “Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı” ve diğer Anabilim Dalı polikliniklerine başvuran, yüzeysel servikal lenf nodülü büyümesi saptanan ve Radyoloji Anabilim Dalı’na boyun ultrasonografi incelemesi için refere edilen, yaşları 2-84 arasında değişen 40 olguda bulunan 40 lenf nodülü dahil edildi. Olguların 22’si erkek, 18’i kadın olup yaş ortalaması 41,6’dı. Tüm olgulara yapılacak işlem anlatıldı ve aydınlatılmış onam formları alındı. Bu çalışma 21.06.2010 tarihli ve 10-6/15 sayılı kararı ile Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu tarafından onaylanmıştır.

Tüm olgular, supin pozisyonunda, gerçek zamanlı elastografi yazılımı bulunan ultrasonografi cihazı (Acuson Antares,Siemens AG, Erlangen, Almanya) ve 5-13 MHz arası frekansa sahip, geniş bant, yüksek çözünürlüklü lineer prob kullanılarak değerlendirildi. Tüm lenf nodülleri, gerçek-zamanlı B-mod ve renkli Doppler ultrasonografi ile görüntülendi. Görüntüleme sırasında lenf nodüllerinin bulunduğu seviye, kısa eksen, uzun\kısa eksen oranı, hilus varlığı, iç yapısı, mikrokalsifikasyon varlığı, vaskülariteleri değerlendirilerek, B-mod US, renkli ‘power’ Doppler USgörüntüleri dijital ortamda kaydedildi.Daha sonra elastografi moduna geçilerek aynı prob aracılığıyla gerçek-zamanlı elastografi görüntüleri elde edildi. Elastografi görüntüleri elde edilirken, lenf nodülüne dik ve paralel pozisyonlarda kısa aralıklar ile hafif şiddette manuel bası uygulandı. Gerçek zamanlı inceleme sırasında, ekranda değerlendirilen bölgenin B-mod US ve elastogram görüntüleri yan yana iki ayrı pencerede izlenebilmekteydi. Elastograma ait 3 görüntü de daha sonra değerlendirilmek üzere dijital ortamda kaydedildi.

Lenf nodüllerinin servikal seviyelere göre eşik kısa çap değerleri, vaskülaritelerinin ve elastisite değerlerinin değerlendirilebilmesi amacıyla, konu ile ilgili güncel literatür bilgilerinden yararlanılarak vaskülarizasyon tipleri ve elastisite skorlamaları belirlendi (3,5,7,8). (Tablo 6-7-8-9)

Hareketsiz duramayan, boyun bölgesinde açık yarası, pansuman malzemesi olan olgular, patolojik görünümlü ve büyümüş lenf nodüllerinin uzun çapı 1-3 cm arasında olmayan olgular çalışma dışı bırakıldı.

Tablo 6: Servikal seviyelere göre eşik kısa çap değerleri

Seviye	Eşik kısa çap değeri (mm)
Seviye 1	11 mm
Seviye 2	13 mm
Seviye 3	5 mm
Seviye 4	9 mm
Seviye 5	7 mm

Tablo 7: B-Mod US skorlaması

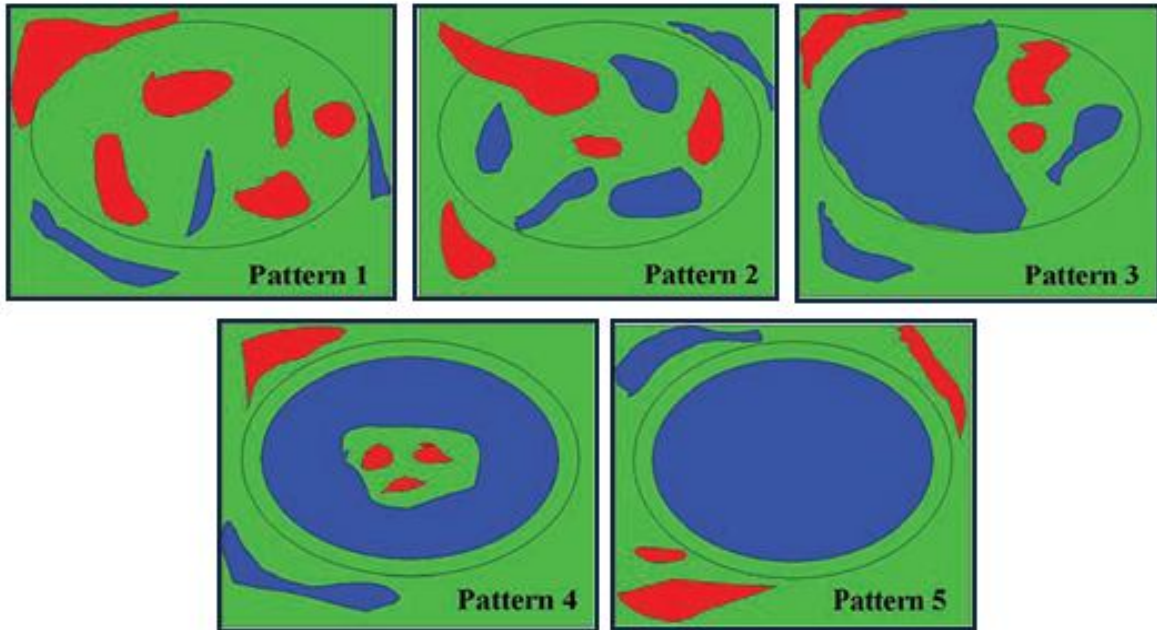
B-mod US Bulguları	B-mod US skoru
Kısa çap	Eşik değerin altında → 1 Eşik değerin üstünde → 2
Uzun/kısa eksen	>1,67 → 1 ≤1,67 → 2
Ekojen hilus	Var → 1 Yok → 2
Anormal iç düzen	Yok → 1 Var → 2
Mikrokalsifikasyon/kistik bileşen	Yok → 1 Var → 2

Tablo 8: Servikal lenf nodüllerinin vaskülarizasyon tipleri

Vaskülarizasyon Tipi	Tanım	Doppler Skoru
Tip 0	Lenf nodülünde akımın olmaması	0
Tip 1	Hilustan periferde düzenli dağılan kanlanma	0
Tip 2	Hilustan periferde düzenli dağılan düzenli kanlanmaya ek olarak periferel bir/ birkaç adet vasküler giriş noktası	6
Tip 3	Hilus dışında periferel vasküler giriş noktaları	8

Tablo 9:Elastisite skorlaması

Elastografi Derecesi	Tanım	Elastografi Skoru
1	Çizili alanda sert (“kırmızı” kodlu) saha hiç yok ya da minimal var	2
2	Çizili alanda sert (“kırmızı” kodlu) sahanın tüm sahaya oranı < %45	4
3	Çizili alanda sert (“kırmızı” kodlu) sahanın tüm sahaya oranı oranı $\geq$ %45	6
4	Çizili alanda tüme yakın sert (“kırmızı” kodlu), sadece merkezi bölgede minimal yumuşak (“kırmızı olmayan”) sahalar	8
5	Çizili alanın tümünde sert (“kırmızı”) kodlama $\pm$ yumuşak bir kenar	10



Şekil 7: Elastisite skorlamasının şematik gösterimi. Sert sahalar mavi, yumuşak sahalar kırmızı renkle kodlanmıştır (3).

Yüzeyel servikal lenf nodülü şişmesi nedeni araştırılan hastaların boyun ultrasonografi tetkikleri sırasında, B-mod (1 görüntü), renkli “power” Doppler US (1 görüntü) ve elastografi görüntüsü (3 görüntü) dijital ortamda arşivlendi. Daha sonra her bir görüntü, hasta kimliklerini sergilemeyecek şekilde ve randomize olarak numaralandırılıp, toplam 120

elastografi görüntüsü karışık şekilde dijital bir klasörde toplandı. Randomize numaralar kullanılarak yeniden isimlendirilen elastografi görüntüleri, histopatolojik tanılarını bilmeyen, iki hekim (SSÖ ve TÖ) tarafından gözlemcilerin kendi içindeki (“intra-observer”) ve gözlemciler arasındaki (“inter-observer”) tutarlılığının yansız ve kör olarak belirlenebilmesi için, görüntü havuzu, iki ayrı araştırmacı tarafından, birbirlerden habersiz olarak 3'er hafta ara ile ikişer kez değerlendirildi ve önceden belirlenmiş kriterler (Tablo 6-9) kullanılarak skorlama yapıldı. İki gözlemcinin ikişer değerlendirmesinin skorları ortalanarak, her hasta ve lezyonu için birer adet B-mod, renkli “power” Doppler US ve elastografi skoru hesaplandı. Ardından olgular malign ve benign olarak sınıflandırıldı. Benign kabul edilme koşulları, B-mod ultrasonografide beş farklı değişkene göre toplam alınan skor <7 ; renkli “power” Doppler US değerlendirmesine göre Tip 0 ve Tip 1 (Doppler skoru= 0) ; US-Elastografi Derece 1 ve 2 (Elastografi skoru 2 ve 4); her 3 tetkikten alınan skor ≤ 10 ; klinik bulgular olarak ise fizik muayenede hassas büyümüş lenf bezi, yakın zamanda geçirilmiş ya da geçirilmekte olan baş-boyun enfeksiyonu öyküsü, antibiyotik tedavisi sonrası boyutları küçülen lenf nodülleri, laboratuvar bulguları (artmış C-reaktif proteini, lökositoz) olarak kabul edildi. Malign kabul edilme koşulları ise; B-mod US'de beş farklı değişkene göre toplam alınan skor ≥ 7 ; renkli “power” Doppler US değerlendirmesine göre Tip 2 ve Tip 3 (Doppler skoru 6 ve 10) ; US-Elastografi Derece 3, 4 ve 5 (Elastografi skoru 6, 8 ve 10); her 3 tetkikten alınan skor > 10 ; histopatolojik tanısı olan lenf nodülleri olarak belirlendi. Bu kanılar ile klinik ve histopatolojik son tanımlar karşılaştırılarak, her tekniğin tek başına, ayrıca diğerleri ile beraber karakterizasyon konusundaki performansının istatistiksel analizi yapıldı.

İSTATİKSEL ANALİZ

İstatistik analiz, Ege üniversitesi Biyoistatistik ve Tıbbi Bilişim Anabilim dalı uzman öğretim üyesi tarafından SPSS 17.0 for Windows® programı kullanılarak yapılmıştır. Nominal değişkenler McNemar Testiyle değerlendirildi. Her bir tetkik yönteminin tanısal performansını incelemek amacıyla; duyarlılık, özgüllük, pozitif ve negatif öngörü ve doğruluk değerleri hesaplandı. Gözlemcilerin kendi içindeki (“intra-observer”) ve gözlemciler arasındaki (“inter-observer”) tutarlılığı “Weighted Kappa” testi kullanılarak değerlendirildi. Benign ve malign lenf nodüllerini ayırt etmede tetkik yöntemlerinden en fazla etkili olanları tespit etmek amacıyla Çoklu Değişkenli Analiz yöntemi kullanıldı.

4. BULGULAR

Çalışmaya yaşları 2-84 arasında değişen 40 olguda bulunan 40 lenf nodülü dahil edildi. Olguların 22'si erkek, 18'i kadın olup yaş ortalaması 41,6 idi. Lenf nodüllerinn %65'i benign, %35'i malign tanısı aldı. Benign kabul edilen olguların %50'si (n=13) histopatolojik; %50'si (n=13) klinik olarak tanı aldı. Malign kabul edilen olguların %100'ü (n=14) histopatolojik tanısı olan olgulardı.

Benign grupta, Kikuchi hastalığı (n=1), Rosai-Dorfman hastalığı (n=1), benign sitoloji (n=4), nonspesifik reaktif hiperplazi (n=4), granüloamatöz lenfadenit (n=3) ve akut lenfadenit (n=13) olguları; malign grupta ise lenfoma (n=4) ve metastaz (n=10) olguları vardı. Metastazlar, tiroidin papiller karsinomu, tiroidin medüller karsinomu, tiroidin anaplastik karsinomu, primeri bilinmeyen indeferan malign tümör metastazı, baş ve boyun skuamöz hücreli karsinom metastazı idi. (Tablo 10,11)

Tablo 10 : Benign Lenf Nodüllerinin Hastalıklara Göre Dağılımı

Patoloji	Sayı (%)
<i>Akut Lenfadenit</i>	13 (%50)
<i>Nonspesifik reaktif hiperplazi</i>	4 (%15)
<i>Benign sitoloji</i>	4 (%15)
<i>Granüloamatöz lenfadenit</i>	3 (%12)
<i>Kikuchi hastalığı</i>	1 (%3.8)
<i>Rosai-Dorfman hastalığı</i>	1 (%3.8)
Toplam	26 (%100)

Tablo 11: Malign Lenf Nodüllerinin Hastalıklara Göre Dağılımı

Patoloji	Sayı (%)
<i>Lenfoma</i>	4 (%29)
<i>Metastaz</i>	10 (%71)
Toplam	14 (%100)

B-mod Ultrasonografi Bulguları

B-mod US'de, lenf nodülünün kısa eksen çapı, uzun eksen/kısa eksen oranı, ekojen hilus (var/yok), iç düzeni (homojen/heterojen), mikrokalsifikasyon ve/veya kistik bileşen varlığı değerlendirildi.

Benign lenf nodüllerinin kısa eksen boyutu 3-21 mm arasında (ortalama 9,1 mm) değişmekteydi. Malign lenf nodüllerinin ise kısa eksen boyutu ise 5-26 mm arasında (ortalama 11,9 mm) değişmekteydi.

Benign lenf nodüllerinin 21'inin (%80,8) uzun/kısa eksen oranı >1.67 ; 5'inin (%19,2) ise ≤ 1.67 saptanmıştır. Malign lenf nodüllerinin 4'ünün (%28,6) uzun/kısa eksen oranı >1.67 ; 10'unun (%71,4) ise ≤ 1.67 saptanmıştır.

Lenf nodüllerinde ekojen hilusun varlığı ve hilus yokluğu değerlendirilmiştir. Hilusun santral yerleşimli ve ekojen olması normal, hilusun yokluğu anormal bulgu olarak kabul edilmiştir. Benign lenf nodüllerinin 14'ünde (%53,8) hilus normal izlenirken, 12'sinde (%46,2) ise anormal olduğu saptanmıştır. Malign lenf nodüllerinin 1'inde (%7,1) hilus normal izlenirken, 13'ünde (%92,9) ise anormal olduğu saptanmıştır.

Lenf nodülleri anormal iç düzen varlığı (normal hilus-korteks yapısı dışında parankimal heterojenite, bez parankiminde (hilus haricinde) artmış eko alanları gibi) ve homojen iç yapı açısından değerlendirme yapılmıştır. Lenf nodülü iç yapısının homojen olması normal, heterojen olması anormal bulgu olarak kabul edilmiştir. Benign lenf nodüllerinin 18'i (%69,2) homojen izlenirken, 8'inin (%30,8) ise heterojen iç yapıda olduğu saptanmıştır. Malign lenf nodüllerinin 5'i (%35,7) homojen, 9'u (%64,3) ise heterojen iç yapıda olduğu saptanmıştır.

Lenf nodüllerinde mikrokalsikasyon ve/veya kistik bileşen varlığı ve yokluğu değerlendirilmiştir. Mikrokalsikasyon ve/veya kistik bileşen yokluğu normal, herhangi biri ya da ikisi birden varsa anormal bulgu olarak kabul edilmiştir. Benign lenf nodüllerinin 20'sinde (%76,9) mikrokalsifikasyon ve/veya kistik bileşen izlenmezken, 6'sında (%23,1) ise mikrokalsifikasyon ve/veya kistik bileşen olduğu saptanmıştır. Malign lenf nodüllerinin 9'unda (%64,3) mikrokalsifikasyon ve/veya kistik bileşen izlenmezken, 5'inde (%35,7) ise mikrokalsifikasyon ve/veya kistik bileşen olduğu saptanmıştır.

B-mod US'nin (5 parametrenin birlikte kullanılması ile yapılan skorlamada) benign ve malign lenf nodülünü ayırt etmede sırasıyla duyarlılık, özgüllük, pozitif ve negatif öngörü değeri ve doğruluk değeri yüzdeleri sırasıyla, %100, %57,7, %56, %100 ve %72,5 olarak hesaplanmıştır.

Renkli ‘Power’ Doppler US Bulguları

Lenf nodüllerinin vaskülarizasyon tiplerine göre dağılımı Tablo 12’de belirtilmiştir. Buna göre 40 lenf nodülünün 3’ünde tip 0 (avasküler) vaskülarizasyon izlendi. Bunlardan hepsi benigni. 14 lenf nodülünde tip 1 (hiler) vaskülarizasyon izlendi. Bunlardan hepsi benigni. Tip 2 (hiler+periferal) vaskülarizasyon, 10 lenf nodülünde izlendi. Bunlardan 5’i benign, 5’i maligni. Tip3 (periferal) vaskülarizasyon, 13 lenf nodülünde izlendi. Bunlardan 4’ü benign, 9’u maligni. Benign lenf nodülleri arasında en sık %53,8 oranında Tip 1 vaskülarizasyon izlenirken, malign lenf nodülleri arasında en sık %64,3 oranında Tip 3 vaskülarizasyon izlendi. Tip 0 ve 1 vaskülarizasyon benign lenf nodüllerinin 17’sinde (%65,4) izlenirken, malign lenf nodüllerinde izlenmedi. Tip 2 ve 3 vaskülarizasyon ise benign lenf nodüllerinin 9’unda (%34,6) izlenirken, malign lenf nodüllerinin 14’ünde (%100) izlendi.

Tablo 12: Benign ve malign lenf nodüllerinin vaskülarizasyon tiplerine göre dağılımı

Vaskülarizasyon	Benign (n=26)	Malign (n=14)
Tip 0	3 (%11,6)	0 (%0)
Tip 1	14 (%53,8)	0 (%0)
Tip 2	5 (%19,2)	5 (%35,7)
Tip 3	4 (%15,4)	9 (%64,3)

Renkli ‘power’ Doppler US’nin benign ve malign lenf nodülünü ayırt etmede sırasıyla duyarlılık, özgüllük, pozitif ve negatif öngörü değeri ve doğruluk değeri yüzdeleri sırasıyla, %100, %65,4, %60,9, %100 ve %77,5 olarak hesaplanmıştır.

US Elastografi Bulguları

US elastografide lenf nodüllerinin elastisitesi skorlama yapılarak değerlendirilmiştir.

Elastografi skorlarının belirlenmesinde gözlemcilerin kendi içindeki (“intra-observer”) ve gözlemciler arasındaki (“inter-observer”) tutarlılığı “Weighted Kappa” testi kullanılarak değerlendirildi. Buna göre, ilk değerlendirme için gözlemciler arasındaki (“inter-observer”) uyum gücü ‘çok iyi’ ($\kappa=0.871$); üç hafta sonra yapılan ikinci değerlendirme için ise uyum gücü ‘çok iyi’ ($\kappa=0.807$) olarak hesaplandı. 1. Gözlemci için kendi içindeki (“intra-observer”) uyum gücü ‘iyi’ ($\kappa=0.684$); 2. Gözlemci için kendi içindeki (“intra-observer”) uyum gücü ‘çok iyi’ ($\kappa=0.968$) olarak belirlendi.

Lenf nodüllerinin US elastografi skorlarına göre dağılımı Tablo 13’de belirtilmiştir.

Tablo 13: Benign ve malign lenf nodüllerinin US elastografi Derece dağılımı

Elastografi Derecesi	Benign (n=26)	Malign (n=14)
1	3 (%11,6)	1 (%7,1)
2	20 (%76,9)	6(%42,9)
3	3 (%11,6)	4 (%28,6)
4	0 (%0)	3 (%21,4)
5	0 (%0)	0 (%0)

Çalışmaya dahil edilen lenf nodüllerinde Elastografi Derece 1 ve Derece 2 benign olma özelliği olarak kabul edilmiş olup, Derece 3, 4 ve 5 malign özellik olarak kabul edilmiştir. Derece 1’de sert alan yok ya da çok az, Derece 2’de ise sert alan yüzdesi %45’in altında belirlenmiştir. Derece 1 lenf nodüllerinin 4’ünde izlenirken bunlardan 3’ü benign, 1’i maligndi. Derece 2 lenf nodüllerinin 26’sında izlenirken bunlardan 20’si benign, 6’sı maligndi. Derece 3’de sert alan yüzdesi %45’in üstünde, Derece 4’te tüme yakın sert alanlar ve sadece merkezi bölgede minimal alanlar ve Derece 5’te tamamen sert+yumuşak bir kenar olarak değerlendirilmiştir. Buna göre Derece 3, 7 lenf nodülünde izlenirken bunlardan 3’ü benign, 4’ü maligndi. Derece 4, 3 lenf nodülünde izlenirken bunlardan 3’ü maligndi, Derece 4 olup benign olan lenf nodülü izlenmedi. Hiçbir lenf nodülünde Derece 5 kaydedilmedi.

Derece 1 ve 2 benign lenf nodüllerinin %88,5'inde, malign lenf nodüllerinin ise %50'sinde izlenmiştir. Derece 3 ve 4 benign lenf nodüllerinin %11,6'sında, malign lenf nodüllerinin ise %50'sinde izlenmiştir. Benign grup içerisinde en sık rastlanan derece, % 76,9 oranında Derece 2'di. Malign grupta ise en sık rastlanan derece, % 71,5 oranında Derece 2 ve 3'tü. Benign grup içerisinde Derece 3 ve 4 sırasıyla % 11,6, % 0 oranında saptandı. Malign grupta ise Derece 1 ve 2 sırasıyla %7,1, % 42,9 oranında saptandı. Derece 5 olup benign ya da malign olan lenf nodülü saptanmadı.

US elastografide skorlamanın benign ve malign lenf nodülünü ayırt etmede duyarlılık, özgüllük, pozitif ve negatif öngörü değeri ve doğruluk değeri yüzdeleri sırasıyla, %50, %88,5, %70, %76,7 ve %75 olarak hesaplanmıştır.

Her 3 tetkikten elde olunan puanlamalar ile yapılan skorlamada ≤ 10 puan benign; > 10 puan malign olarak kabul edilmiştir. Benign lenf nodüllerinin 12'ü (%46) ≤ 10 puan; 14'ü (%54) > 10 puan saptanmıştır. Malign lenf nodüllerinin 14'ü (%100) > 10 puan saptanmış olup; ≤ 10 puan lenf nodülü izlenmemiştir. (Tablo 14) Benign ve malign lenf nodülünü ayırt etmede Toplam Skorun sırasıyla duyarlılık, özgüllük, pozitif ve negatif öngörü değeri ve doğruluk değeri yüzdeleri sırasıyla, %100, %46,2, %50, %100 ve %65 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 14: Benign ve malign lenf nodüllerinin Toplam Skora göre dağılımı

Toplam Skor	Benign (n=26)	Malign (n=14)
≤ 10	12 (%46)	0 (%0)
> 10	14 (%54)	6(%100)

Lenf nodüllerini ayırt etmede B-mod US, renkl 'power'Doppler US ve US elastografinin tekli ve birlikte etkileri değerlendirildiğinde, duyarlılığı en yüksek olan incelemeler sırasıyla, B-mod US (%100,0), Renkli 'power' Doppler US (%100,0), B-mod US+ Renkli'power'Doppler US (%100,0) inceleme kombinasyonu idi. Özgüllüğü en yüksek olan inceleme B-mod US+Renkli'power'Doppler US+US elastografi (%96,2) incelemelerinin birlikteliği ve US-elastografi (%88,5) idi. Genel doğruluk değeri en yüksek olan iki inceleme ise sırasıyla, B-mod US+Renkli'power'Doppler US (%81,4), B-mod

US+Renkli‘‘power’’Doppler US+US elastografi(%79,5) incelemelerinin birlikteliği idi. Tek başına ve kombine değerlendirmelerde doğruluğu en düşük olan inceleme, B-mod US değerlendirmesi idi. (Tablo 15)

Tablo 15: Benign ve malign lenf nodüllerini ayırtetmede B-mod, renkli ‘‘power’’ Doppler ve US elastografi incelemelerinin tekli ve birlikte etkilerinin incelenmesi

Tetkik	Duyarlılık	Özgüllük	PÖD	NÖD	Doğruluk
B-Mode	%100,0	%57,7	%56,0	%100,0	%72,5
RDUS	%100,0	%65,4	%60,9	%100,0	%77,5
US elastografi	%50,0	%88,5	%70,0	%76,7	%75,0
B-mode+RDUS	%100,0	%69,2	%63,6	%100	%80,0
BMode+RDUS+USelastografi	%50,0	%96,2	%87,5	%78,1	%80,0

NÖD: Negatif öngörü değeri, PÖD: Pozitif öngörü değeri

İncelediğimiz 40 vakada B-mod US+US Elastografi ve RDUS+US Elastografi kombinasyonları teknik olarak oluşturulamadığı için istatistiksel değerlendirme yapılamamıştır.

Tüm özellikler içerisinde, duyarlılığı en yüksek olan değişkenler sırasıyla, B-mod USSkoru (%100), Renkli‘‘power’’Doppler US skoru (%100), ekojenik hilus varlığı (%92,9), kısa eksen (%85,7) ve uzun/kısa eksen oranı (%71,4) idi. Özgüllüğü en yüksek olan değişkenler ise, US-Elastografi Derecesi (%88,5), uzun/kısa eksen oranı (%80,8) ve mikrokalsifikasyon/kistik bileşen (%76,9) idi. Genel doğruluk değeri en yüksek olan özellik vaskülarizasyon tipi idi (%77,5). (Tablo 16)

Araştırılan tüm parametrelere göre *duyarlılık , özgüllük,pozitif öngörü değeri, negatif öngörü değeri ve doğruluk değeri* Tablo16’da sunulmuştur.

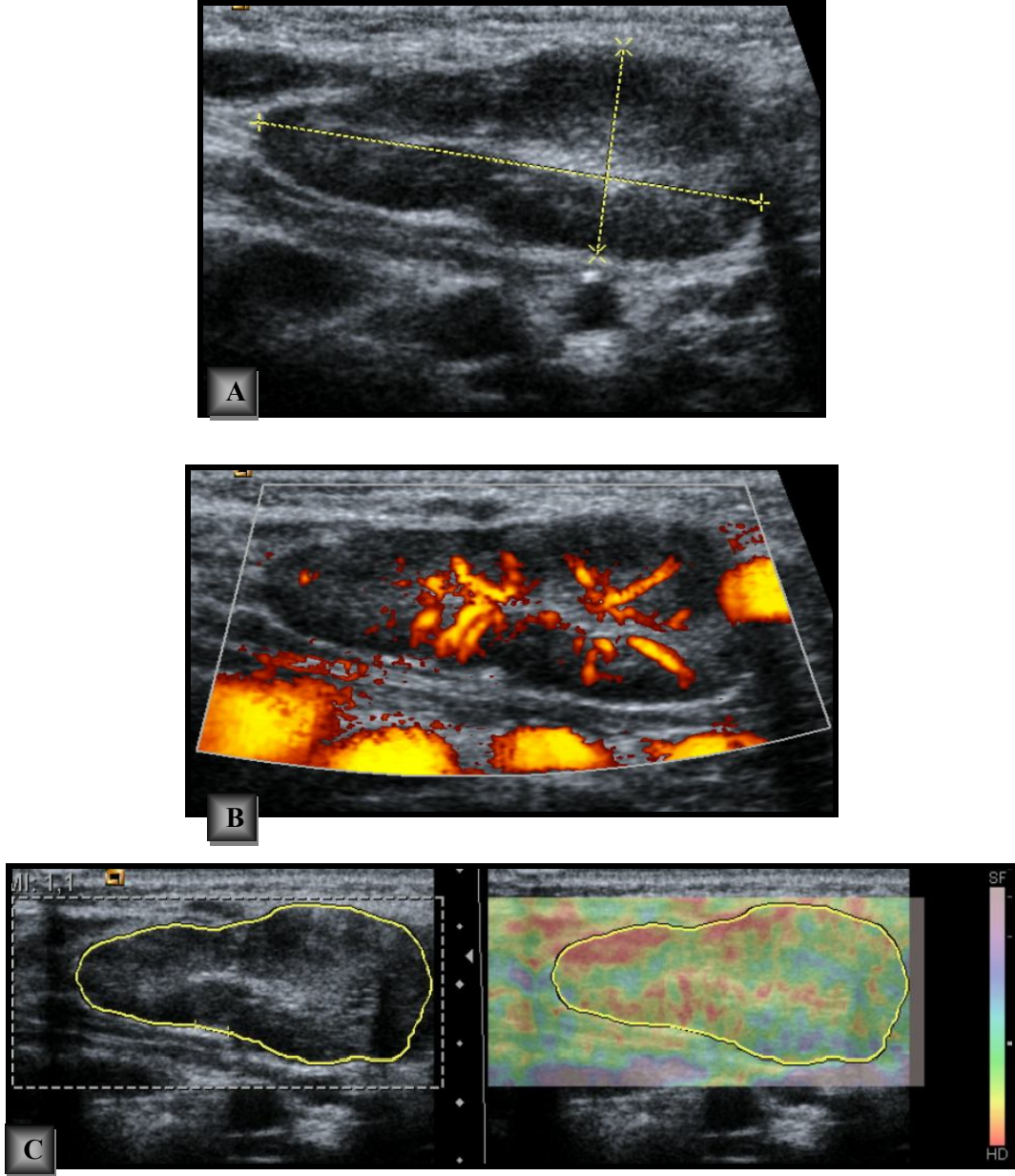
Tablo 16: Araştırılan farklı parametrelere göre duyarlılık, özgüllük, pozitif-negatif öngörü ve doğruluk değerleri yüzdeleri.

Değişkenler	Benign Grup (n=26)	Malign Grup (n=14)	Duyarlılık	Özgüllük	PÖD	NÖD	Doğruluk
Kısa Eksen Çapı			%85,7	%61,5	%54,5	%88,9	%70,0
≤kesim değeri	16 (%61,5)	2 (%14,3)					
>kesim değeri	10 (%38,5)	12 (%85,7)					
Uzun/Kısa Eksen Oranı			%71,4	%80,8	%66,7	%84	%77,5
>1.67	21 (%80,8)	4 (%28,6)					
≤1.67	5 (%19,2)	10 (%71,4)					
Ekojen hilus			%92,9	%53,8	%52	%93,3	%67,5
Var	14 (%53,8)	1 (%7,1)					
Yok	12 (%46,2)	13 (%92,9)					
Anormal iç düzen			%64,3	%69,2	%52,9	%78,3	%67,5
Homojen	18 (%69,2)	5 (%35,7)					
Heterojen	8 (%30,8)	9 (%64,3)					
Mikrokalsifikasyon/ kistik bileşen			%35,7	%76,9	%45,5	%69	%62,5
Yok	20 (%76,9)	9 (%64,3)					
Var	6 (%23,1)	5 (%35,7)					
B-mod US skoru			%100,0	%57,7	%56,0	%100,0	%72,5
<7	15 (%57,7)	0 (%0,0)					
≥7	11 (%42,3)	14 (%100,0)					
Vaskülarizasyon			%100,0	%65,4	%60,9	%100,0	%77,5
Tip 0-1	17 (%65,4)	0 (%0,0)					
Tip 2-3	9 (%34,6)	14 (%100,0)					
Elastografi			%50,0	%88,5	%70,0	%76,7	%75,0
Derece 1-2	23 (%88,5)	7 (%50,0)					
Derece 3-4-5	3 (%11,5)	7 (%50,0)					

NÖD: Negatif öngörü değeri, PÖD: Pozitif öngörü değeri

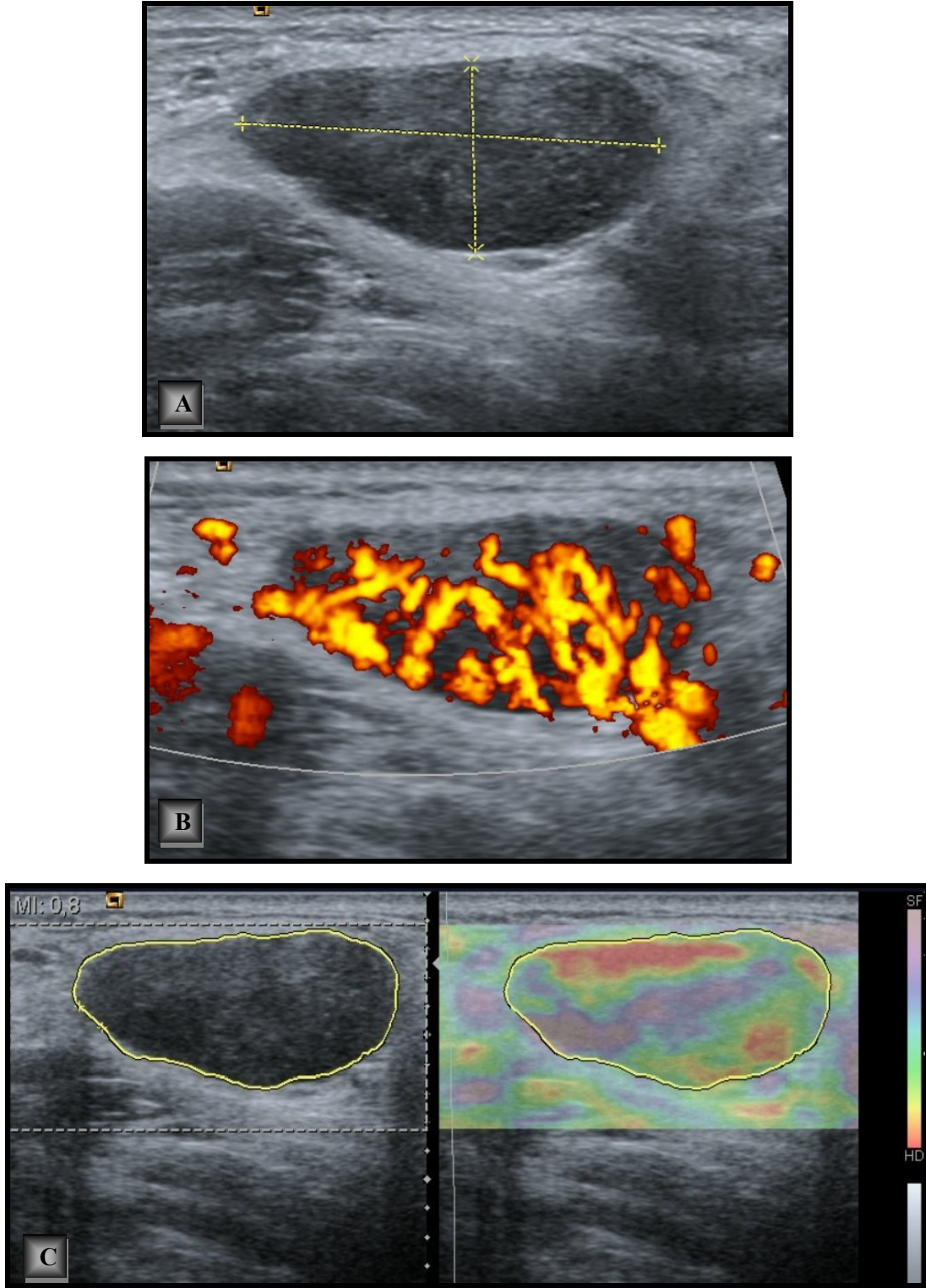
OLGU ÖRNEKLERİ:

- **OLGU 1:**



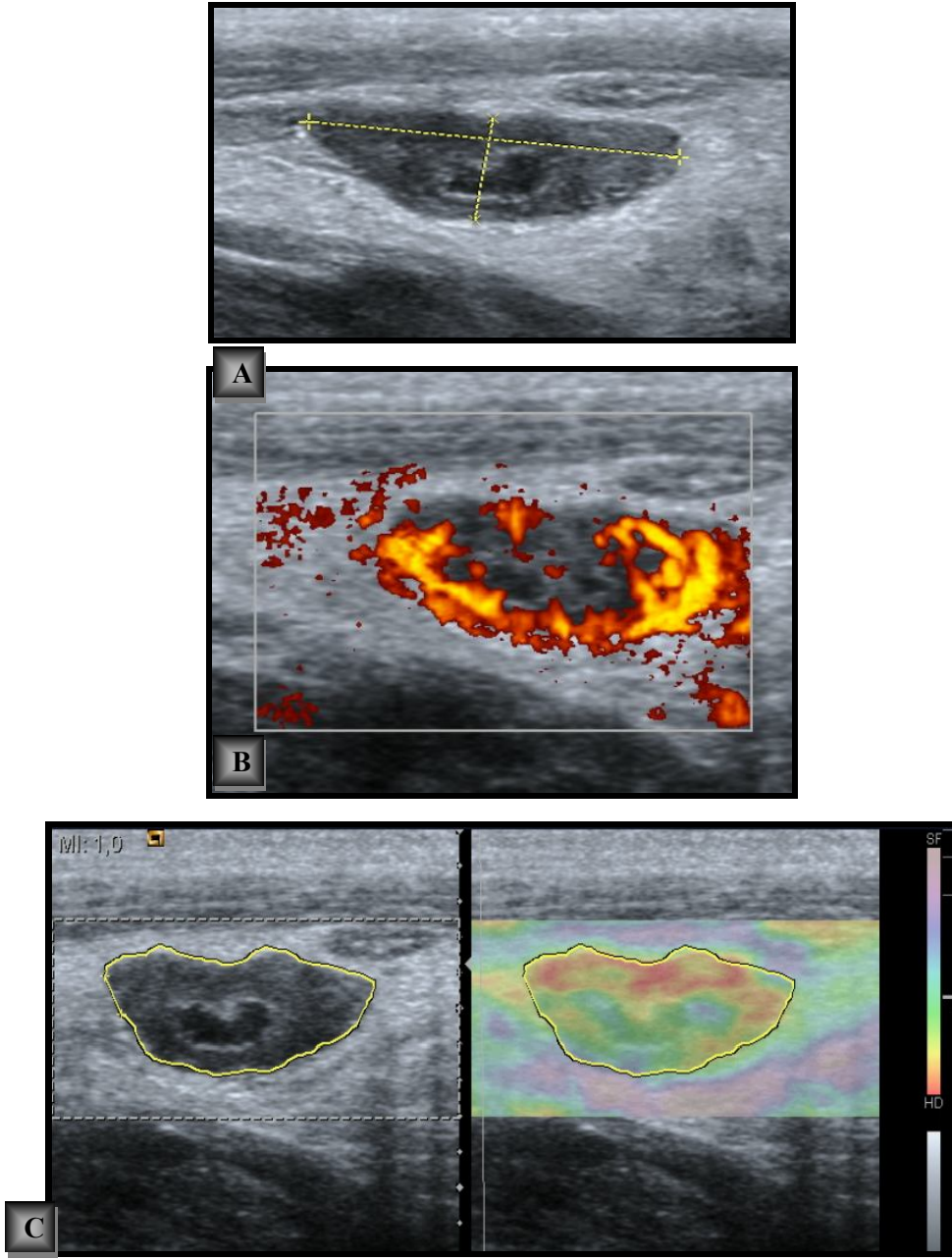
Sekil 8: 2 yaşında erkek olgu, Nonspesifik reaktif hiperplazi. (A) B-mod US değerlendirmede seviye 2A yerleşimli santral ekojen sinüs içeren, fuziform şekilli lenf nodülü. (B) Renkli “Power” Doppler incelemede lenf nodülü hiler kanlanma göstermekteydi (Tip 1 vaskülarizasyon) (C) Lenf nodülünün elastisite derecesi 2 olarak belirlendi .

- OLGU 2:



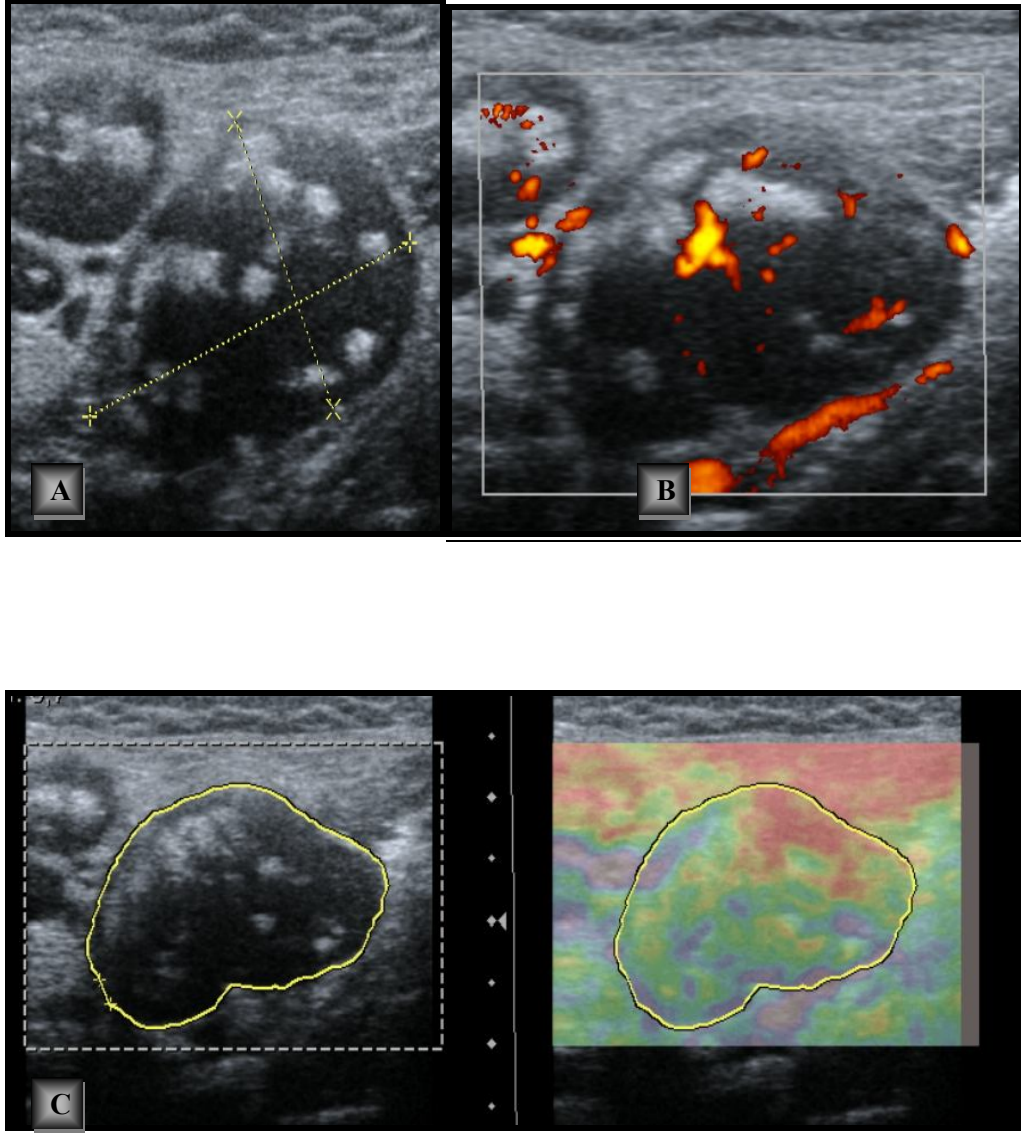
Sekil 9: 37 yaşında kadın olgu, Kikuchi hastalığı. (A) B-mod US değerlendirmede seviye 5 yerleşimli santral yağlı hilusunu kaybetmiş, kist ya da kalsifik komponenti olmayan fuziform şekle sahip lenf nodülü. (B) Renkli "Power" Doppler incelemede lenf nodülü hiler kanlanma göstermekteydi (Tip 1 vaskülarizasyon). (C) US elastografide elastisite derecesi 2 olarak belirlendi.

- OLGU 3:



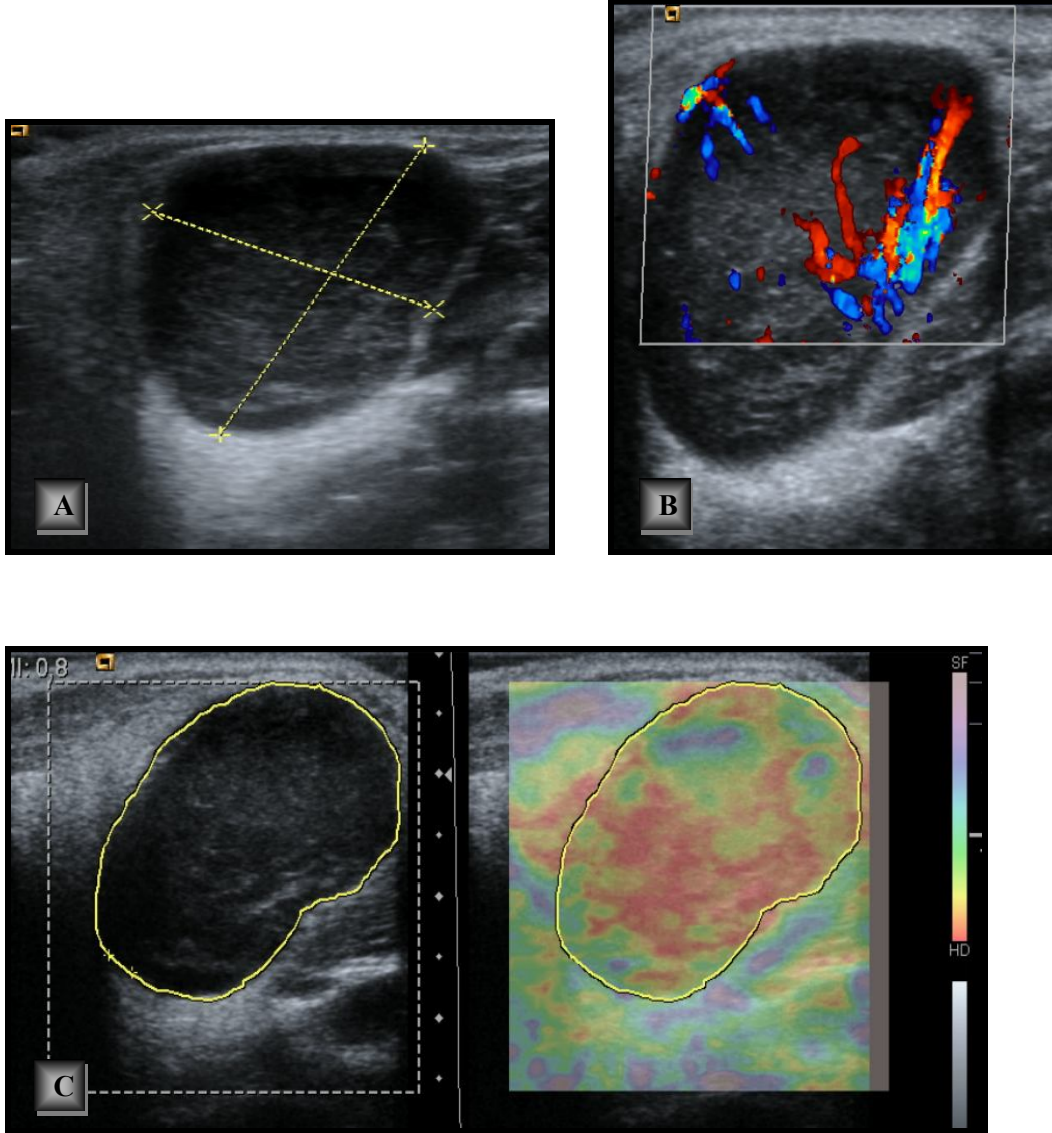
Sekil 10: 25 yaşında kadın olgu, Rosai-Dorfman hastalığı. (A) B-mod US değerlendirmede seviye 4 yerleşimli, santral sinüs ekojenitesinin olması gereken yerde kistik component içeren oval şekilli lenf nodülü. (B) Renkli "Power" Doppler incelemede bu lenf nodülünde periferik vasküler giriş noktaları izlendi. (Tip 3 Vaskülarizasyon) B-mod ve renkli "power" Doppler US incelemesinde malignite lehine değerlendirilebilecek bulgulara sahip bu lezyonun (C) US elastografide oldukça yumuşak yapıda olduğu dikkati çekti ve elastisite derecesi 2 olarak belirlendi.

- OLGU 4:



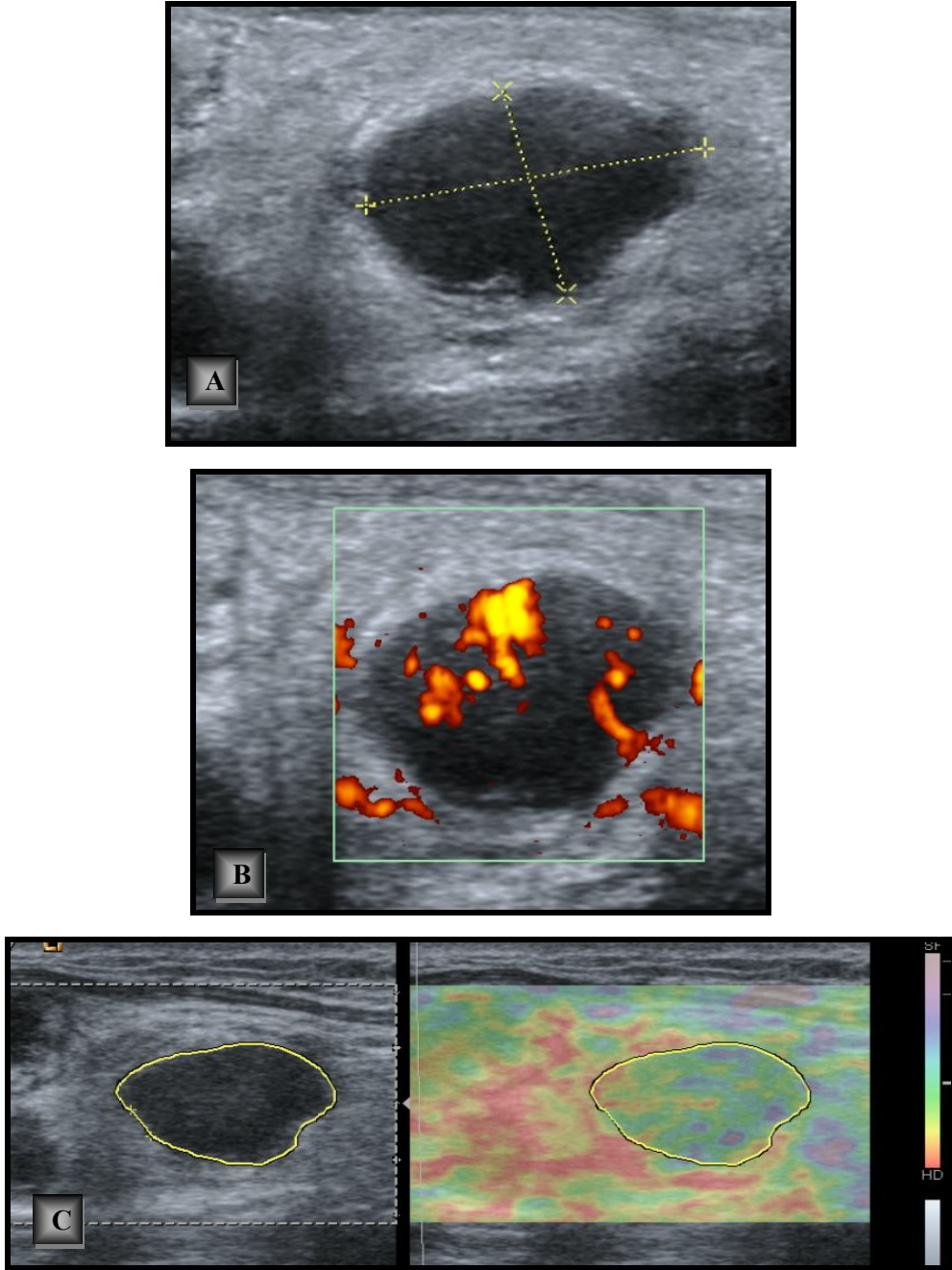
Şekil 11: 64 yaşında kadın olgu, Granülomatöz lenfadenit. (A) B-mod US değerlendirmede seviye 2A yerleşimli, yuvarlağa yakın oval şekilli, belirgin ekojen hilusu bulunmayan, içerisinde hiperekoik alanlar ve kalsifikasyonlar bulunan, hipoekoik lenf nodülü. (B) Renkli ''Power''Doppler incelemede bu lenf nodülünde periferik vasküler giriş noktaları izlendi. (Tip 3 Vaskülarizasyon) B-mod ve renkli ''power'' Doppler US incelemesinde malignite lehine değerlendirilebilecek bulgulara sahip bu lezyonun (C) US elastografide yumuşak yapıda olduğu dikkati çekti ve elastisite derecesi 2 olarak belirlendi.

- OLGU 5:



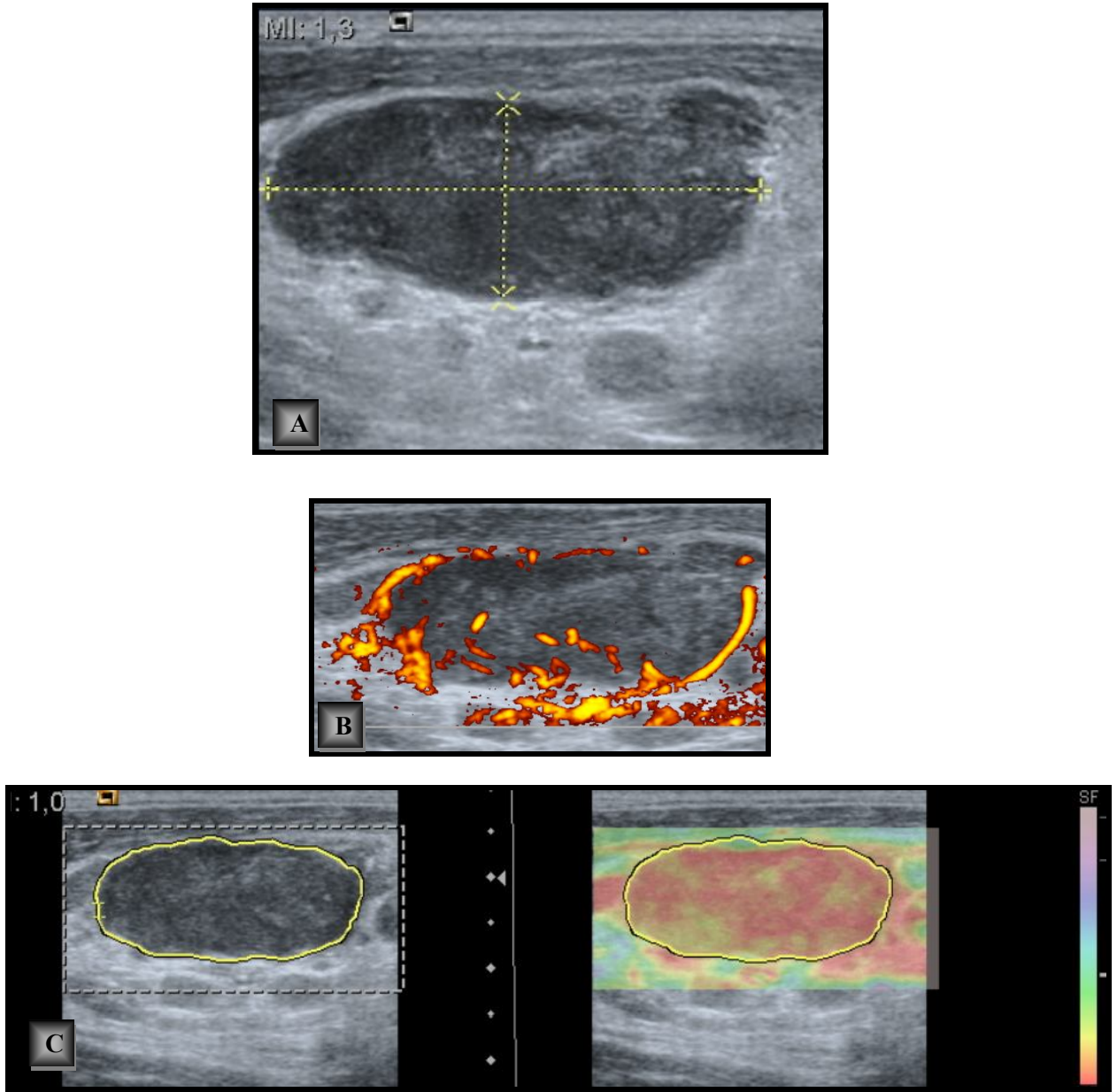
Sekil 12: 13 yaşında erkek olgu, Non-spesifik reaktif hiperplazi. (A) B-mod US değerlendirmede seviye 2A yerleşimli, oval şekilli ekojen sinüsü seçilemeyen, parankimal heterojenite gösteren kistik ya da kalsifik komponenti olmayan lenf nodülü. (B) Renkli "Power" Doppler incelemede bu lenf nodülünde hilustan perifere düzenli dağılan kanlanmaya ek olarak periferik vasküler giriş noktaları izlendi. (Tip 2 Vaskülarizasyon) (C) US elastografide elastisite derecesi 3 olarak belirlendi. B-mod, renkli "power" Doppler US ve US elastografi incelemesinde malignite lehine değerlendirilebilecek bulgular görüldü.

• OLGU 6:



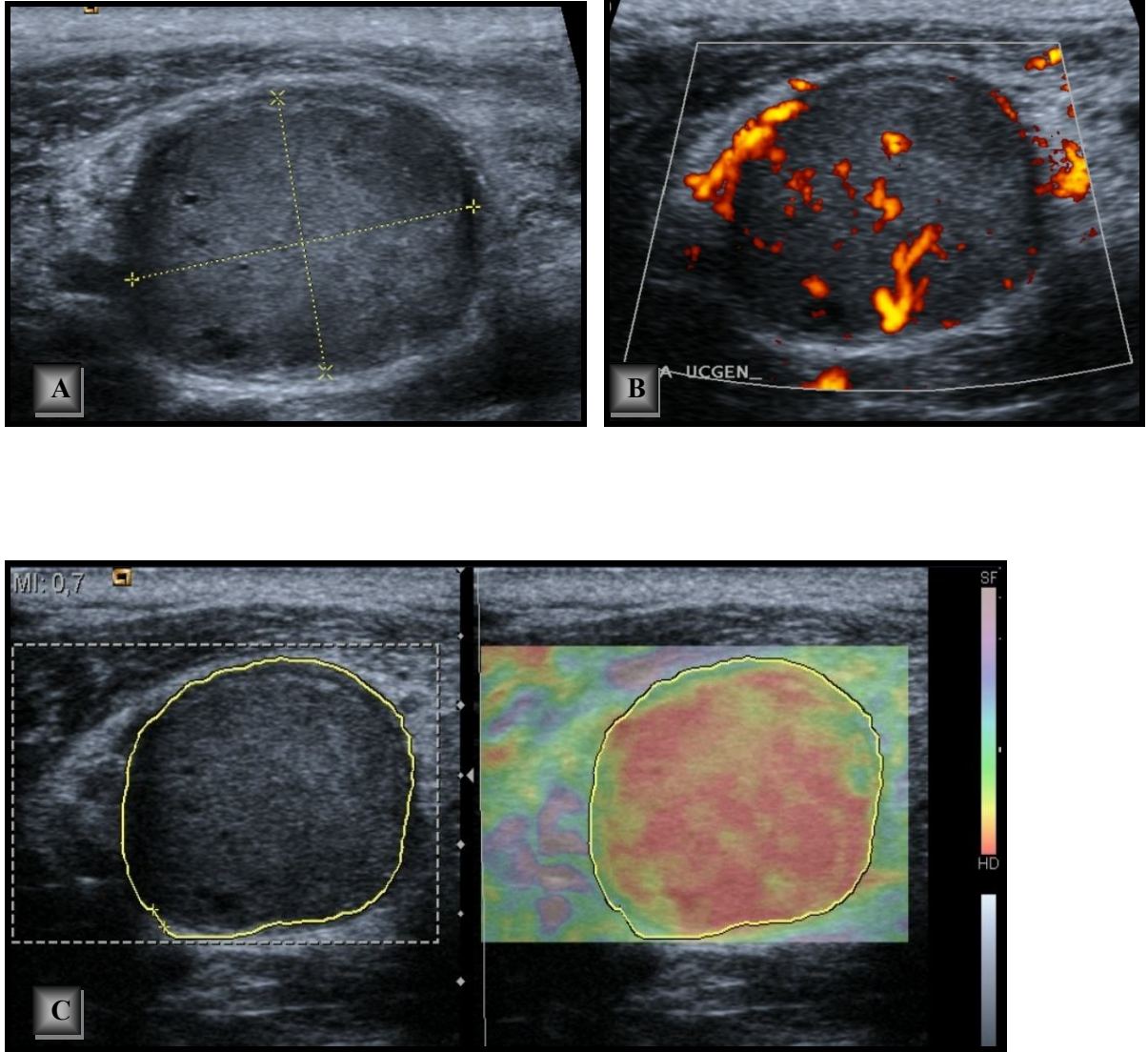
Sekil 13: 51 yaşında erkek olgu, Diffüz Büyük B hücreli lenfoma. (A) B-mod US değerlendirmede seviye 5B yerleşimli, santral sinüs ekojenitesi seçilemeyen yuvarlak şekilli hipoeoik lenf nodülü. (B) Renkli "Power" Doppler incelemede bu lenf nodülünde hilustan perifere düzenli dağılan kanlanmaya ek olarak periferel vasküler giriş noktaları izlendi. (Tip 2 Vaskülarizasyon) B-mod ve renkli "power" Doppler US incelemesinde malignite lehine değerlendirilebilecek bulgulara sahip bu lezyonun (C) US elastografide oldukça yumuşak yapıda olduğu dikkati çekti ve elastisite derecesi 1 olarak belirlendi.

- OLGU 7:



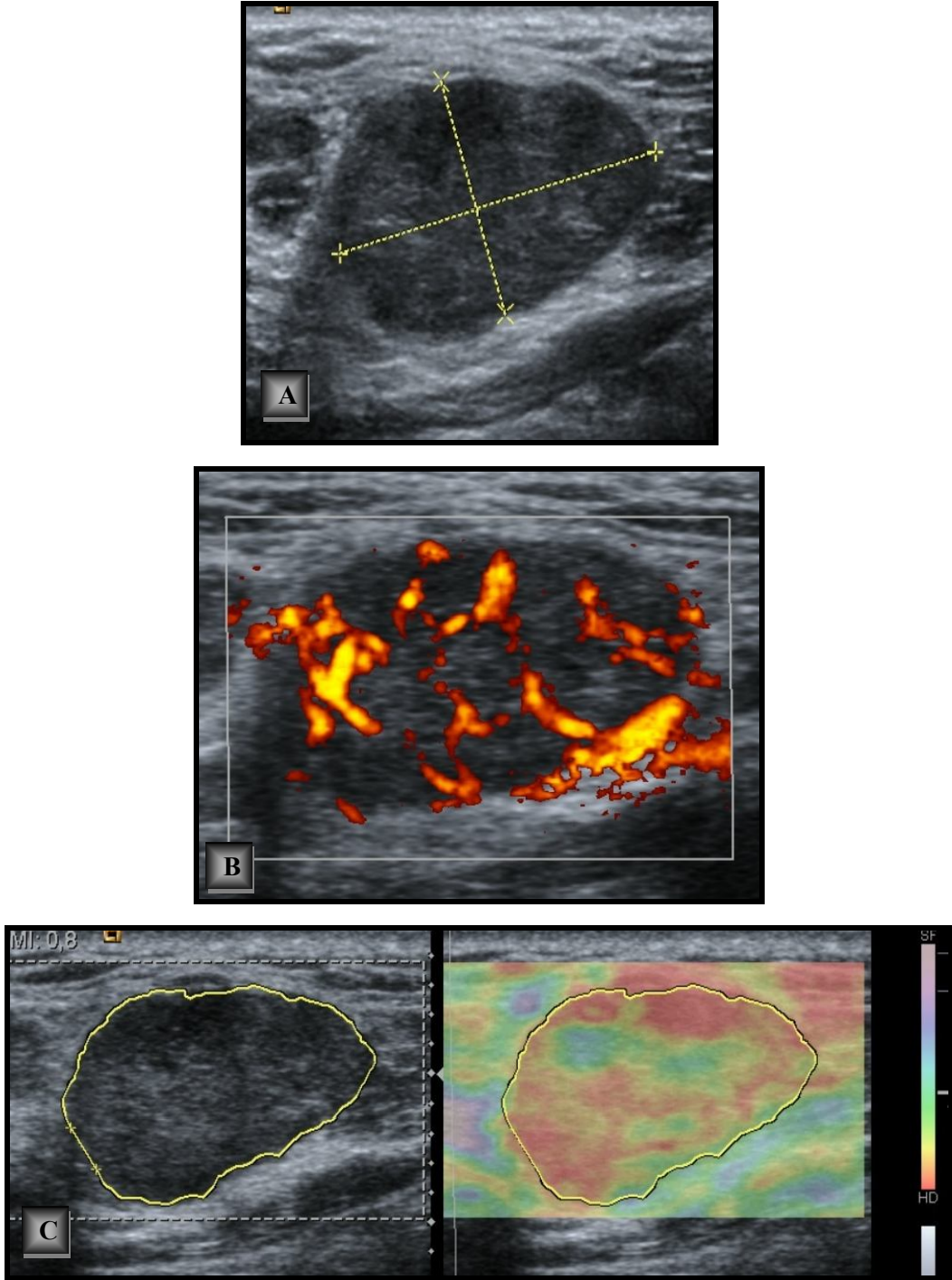
Sekil 14: 29 yaşında erkek olgu, Hodgkin lenfoma (Nodüler sklerozan tip). (A) B-mod US değerlendirmede seviye 5B yerleşimli, santral sinüs ekojenitesi seçilemeyen, parankimal heterojenite gösteren ve mikrokalsifikasyonlar içeren lenf nodülü. B) Renkli "Power" Doppler incelemede bu lenf nodülünde periferik vasküler giriş noktaları izlendi.(Tip 3 Vaskülarizasyon) (C) US elastografide elastisite derecesi 4 olarak belirlendi. B-mod, renkli "power" Doppler US ve US elastografi incelemesinde malignite lehine değerlendirilebilecek bulgular gözlemlendi.

- OLGU 8:



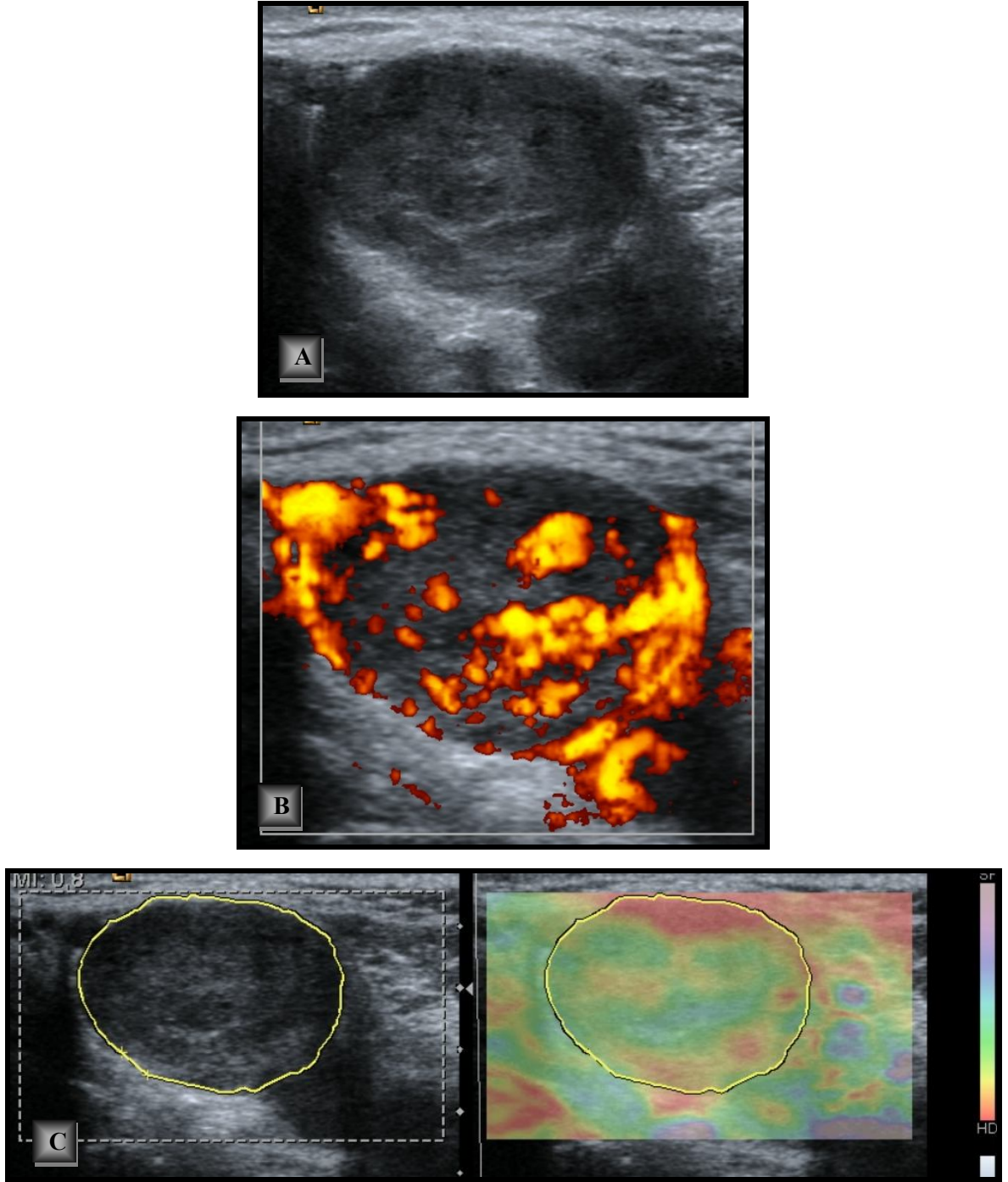
Sekil 15: 58 yaşında erkek olgu, tiroidin medüller karsinom metastazı. (A) B-mod US değerlendirmede seviye 5B yerleşimli, santral sinüs ekojenitesi seçilemeyen, yuvarlak şekilli lenf nodülü. B) Renkli "Power" Doppler incelemede bu lenf nodülünde periferik vasküler giriş noktaları izlendi.(Tip 3 Vaskülarizasyon) (C) US elastografide elastisite derecesi 4 olarak belirlendi. B-mod, renkli "power" Doppler US ve US elastografi incelemesinde malignite lehine değerlendirilebilecek bulgular gözlemlendi.

• OLGU 9:



Şekil 16: 51 yaşında erkek olgu, dil ucu papiller karsinom metastazı. (A) B-mod US değerlendirmede seviye 1 yerleşimli, santral sinüs ekojenitesi seçilemeyen, oval şekilli, hipoekoik, kalsifiye/ kistik bileşeni seçilmeyen lenf nodülü. B) Renkli "Power" Doppler incelemede bu lenf nodülünde periferik vasküler giriş noktaları izlendi. (Tip 3 Vaskülarizasyon) (C) US elastografide elastisite derecesi 3 olarak belirlendi. B-mod, renkli "power" Doppler US ve US elastografi incelemesinde malignite lehine değerlendirilen bulgular gözlemlendi.

- OLGU 10:



Sekil 17: 67 yaşında kadın olgu, tiroidin medüller karsinom metastazı. (A) B-mod US değerlendirmede seviye 5B yerleşimli, santral sinüs ekojenitesi seçilemeyen, yuvarlak şekilli, parankimal heterojenite gösteren, hipoekoik ve kalsifiye/ kistik bileşeni seçilmeyen lenf nodülü. B) Renkli "Power" Doppler incelemede bu lenf nodülünde periferik vasküler giriş noktaları izlendi. (Tip 3 Vaskülarizasyon) B-mod ve renkli "power" Doppler US incelemesinde malignite lehine değerlendirilebilecek bulgulara sahip bu lezyonun (C) US elastografide yumuşak yapıda olduğu dikkati çekti ve elastisite derecesi 2 olarak belirlendi.

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Servikal bölge, lenf nodülleri ve damarlardan zengindir. Servikal lenf nodülleri inflamatuvar ya da neoplazik nedenlerle büyüyebilir. Metastatik servikal lenf nodülleri, baş-boyun ve baş-boyun dışı kanseri olan hastalarda sık görülür. Malignitesi olan hastalarda servikal lenf nodüllerinin değerlendirilmesi hastalığın prognozunun belirlenmesi ve tedavinin planlanması açısından önemlidir. Bu nedenle lenf nodülü patolojilerinin değerlendirilmesinde tanısal görüntüleme yöntemleri önemli rol oynamaktadır. Temel olarak radyolojik yöntemlerin önemi, patolojik özellikte lenf bezinin varlığının ortaya konması, saptanan lenf nodülünün metastatik hastalığın yayılımına bağlı olup olmadığının yorumu, ektranodal uzanımın ve komşu vital organ invazyonunun belirlenmesi ve tedaviye yanıtın izlenmesi olarak sıralanabilir. Servikal lenf nodüllerinin değerlendirilmesinde, B-mod US ilk seçilen görüntüleme yöntemi olup, lenf nodüllerinin yeri, sayısı, boyutu, biçimi, konturları, iç yapıları, hilus varlığı, kümeleşmeleri ve komşu yumuşak doku ödeminin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır.

Renkli “power” Doppler US ile intranodal damarsal dağılım değerlendirilebilmektedir. Yapılan bir çalışmada renkli “power” Doppler ultasonografinin, gri skala bulgularının kuşkulu olduğu olgularda metastatik lenf nodüllerinin %5’ine, reaktif lenf nodüllerinin ise % 17’ine tanı konulmasına yardımcı olduğu bildirilmiştir (6).

B-mod US ve renkli “power” Doppler US görüntülemeye özgül kriterlerin hiçbiri metastaz varlığını göstermede %100 güvenilir değildir (58). Tecrübeli kişilerce yapılan İİAB sitolojilerinden ümit verici sonuçlar ortaya çıkmaktadır. US eşliğinde yapılan İİAB’nin yüksek duyarlılık (% 89-98), özgüllük (% 95-98) ve doğruluk değerleri (% 95-97) ile servikal lenfadenopati değerlendirilmesinde doğru bir yöntem olduğu gösterilmiştir (87,88). Bu teknik kör İİAB ile karşılaştırıldığında daha doğru bilgi sağlar (89). US eşliğinde İİAB ile baş ve boyun kanseri olan hastalarda servikal lenf nodüllerinin % 93’ünde doğru nodal evrelemenin yapılabildiği ancak, N0 karsinomlarda okült metastazların % 18’inin atlandığı rapor edilmiştir (87,90). Van den Brekel ve arkadaşları (91) klinik olarak TNM sınıflamasına göre N0 olan 54 hastada yaptıkları çalışmada US eşliğinde ince iğne aspirasyonunun özgüllüğünü %100 ve duyarlılığını %74 olarak tespit etmişlerdir. US eşliğinde İİAB sonuçlarının çok iyi olmasına rağmen uygulayıcı bağımlı olması ve sonuçların uygulayıcılar arası değişkenliği US’nin bu alandaki yaygın kullanımını sınırlandırmıştır. Ayrıca, invaziv bir işlem olması nedeniyle, her

lenf nodülüne (<5mm) ince iğne aspirasyonu yapmak zordur. Bu durum malign ve benign lenf nodüllerinin ayrımında, İİAB'ye ya da cerrahiye gidecek hasta sayısını azaltacak yeni bir yöntem arayışına yönlendirmiştir (92-94).

Malign hücrelerde sürekli bölünme ve sayıca artış meydana gelmektedir. Tümör dokusunda nükleus/sitoplazma oranının artması ve anjiogenez sonucunda dokuda normal parankim ve stroma kaybı olmaktadır. Normalden hızlı büyüyen ve içerisinde sayıca çok hücre ve damarsal yapı barındıran malign kitleler normal dokuya ve benign kitlelere oranla daha sert olmaktadır (25).

Geçtiğimiz birkaç yılda , US Elastografi, MR Elastografi ve diğer bazı tekniklerle doku sertliğinin dijital ölçümleri gerçekleştirilebilmiştir (95,96). US Elastografi yumuşak dokuların elastik özelliklerini eşleştirmek için kullanılan bir görüntüleme yöntemidir (97). Biyolojik dokuların elastikiyeti doğrudan ölçülemediği için, önerilen elastografik teknikler kullanılarak doku sertliğinin tahmini dolaylı bir verisi elde edilir. US elastografi son yıllarda meme, tiroid, prostat, serviks, karaciğer gibi dokuların tümörlerinin incelenmesinde sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca parotis ve pankreasın değerlendirilmesiyle ilgili yeni çalışmalar da literatüre eklenmektedir (13,63,98,99). Son zamanlarda, US elastografi kullanarak servikal lenf nodüllerinin ayırıcı tanısında deneyimlerine ilişkin makaleler yayımlanmıştır (3,12).

Diğer US yöntemleri gibi US Elastografinin ucuz, kolay erişilebilir ve gerçek zamanlı olması, noninvaziv olması, iyonizan radyasyon içermemesi, uygulanmasının kolay olması ve kısa sürmesi önemli üstünlükleridir.

Benign lenf nodüllerini malign lenf nodüllerinden ayırdedebilecek özgül kriterler kesin olarak belirlenmiş değildir. Servikal lenf nodüllerini değerlendirmede kısa eksen çapı, her seviye için farklıdır. Lyshchick ve ark.nın (12) yaptığı çalışmada kısa eksen çapı için normalin üst sınırı için kesim değeri 8 mm olarak belirlenmiştir. Çalışmamızda Alam ve ark.nın (3) tüm seviyeler için belirledikleri kesim değerleri kullanılmıştır. Buna göre, AJCC seviye 1 için 11 mm, seviye 2 için 13 mm, seviye 3 için 5 mm, seviye 4 için 9 mm ve seviye 5 için 7 mm kesim değerleri kullanılmıştır. Sonuçlarımıza göre benign ve malign lenf nodüllerini ayırt etmede kısa eksen çapının duyarlılığı %85,7 , özgüllüğü %61,5 ve doğruluğu %70 idi. Lyshchick ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, kısa aks çapının doğruluğu %65, Alam ve arkadaşlarının çalışmasında ise %84 olarak bildirilmiştir.

Lenf nodüllerinin şekil özelliği, lenf nodülü boyutlarının uzun/kısa eksen oranı >1.67 ve ≤ 1.67 olarak değerlendirilmiştir. Lyshchick ve ark. (12) ile Alam ve ark. (3) kesim değeri olarak 2 değerini kullanmışlardır. Çalışmamızda benign ve malign lenf nodüllerini ayırt etmede uzun/kısa eksen oranının duyarlılığı %71,4 , özgüllüğü %80,8 ve doğruluğu %77,5 idi. Lyshchick ve ark. yaptığı çalışmada, uzun/kısa aks oranının doğruluğu % 79, Alam ve ark. çalışmasında ise %56 olarak bildirilmiştir.

Lenf nodüllerinde hilusun santral yerleşimli ve ekojen olması normal, hilusun yokluğu anormal bulgu olarak kabul edilmiştir. Benign ve malign lenf bezlerini ayırt etmede ekojen hilus duyarlılığı %92,9 , özgüllüğü %53,8 ve doğruluğu %67,5 idi. Hilus yokluğunun doğruluğu sonuçlarımıza benzer şekilde Lyshchick ve ark.nın (12) yaptığı çalışmada % 62, Alam ve ark.nın (3) yaptığı çalışmada ise %86 olarak bildirilmiştir.

Lenf nodüllerinin iç düzeni heterojen (normal hilus-korteks yapısı dışında parankimal heterojenite, bez parankiminde (hilus haricinde) artmış eko alanları gibi) ve homojen iç yapı olarak değerlendirmiştir. Benign ve malign lenf nodüllerini ayırt etmede heterojen iç yapının duyarlılığı %64,3 , özgüllüğü %69,2 ve doğruluğu %67,5 idi. Lyshchick ve ark.nın (12) yaptığı çalışmada, heterojen iç yapının doğruluğu % 77, Alam ve ark.nın (3) yaptığı çalışmada ise %78 olarak bildirilmiştir.

Lenf nodüllerinde mikrokalsifikasyon ve/veya kistik bileşen varlığı ve yokluğu değerlendirilmiştir. Mikrokalsifikasyonve/veya kistik bileşen yokluğu normal, herhangi biri ya da ikisi birden varsa anormal bulgu olarak kabul edilmiştir. Benign ve malign lenf nodüllerini ayırt etmede mikrokalsifikasyon ve/veya kistik bileşen varlığının duyarlılığı %35,7 , özgüllüğü %76,9 ve doğruluğu %62,5 idi. Lyshchick ve ark.nın (12) yaptığı çalışmada mikrokalsifikasyon varlığının malignite açısından doğruluğu % 59 olarak bildirilmiştir.

Renkli ‘‘power’’ Doppler US tetkikinde reaktif lenf nodüllerinde genellikle lenf nodüllerinin doğal kanlanma şeklini yansıtan hiler kanlanma paterni mevcuttur. Reaktif lenf nodüllerinde periferik vaskülarite gözlenmez (100). Enflamatuvar/enfeksiyöz hastalıklarda (örneğin tüberküloz lenfadenopati) vazodilatasyon ve artmış kan akımına bağlı anormal lenf nodülü perfüzyonu izlenebilir. PDUS’de eksantrik yerleşimli hiler kanlanma ve deforme ışınal nodal kanlanma görülebilir. Bu özellik tüberküloz lenfadeniti ile büyümüş reaktif lenf nodüllerinin ayırımında kullanılabilir (69,82,84,101-104). Buna rağmen Wu ve ark. yaptıkları çalışmada büyümüş reaktif lenf nodülleri ile malign lenf nodüllerinin çoğunlukla ayırt edilemeyeceğini bildirmişlerdir (105). Tschammler ve ark. (101) kronik lenfadenitlerin

%97'sinde ve metastatik lenf nodüllerinin %44'ünde avasküler ya da düşük kanlanma saptamışlardır. Erken evre metastatik lenf nodüllerinde lokal immün cevaba bağlı artmış hiler tip kanlanma paterni gözlenebilir ancak lenf nodülünün yapısal özellikleri genellikle korunmuştur. Malign infiltrasyon arttıkça lenf nodülünün boyutu artar, şekli yuvarlak olmaya eğilimlidir ve yapısında desmoplastik reaksiyona bağlı deformite meydana gelir. Tümöral dokuya yeterli kan akımını sağlayabilmek için kapsüler damarlar belirginleşir böylece renkli "power" US'de periferik veya miks tipte kanlanma izlenir. Skuamöz hücreli karsinom metastazlarında kan damarları ağırlıklı olarak periferik alanda lokalizedir. Bu görünüm, hızlı büyüme ve keratinizasyona bağlı santral nekrozun histopatolojik görünümü ile koreledir. Lenfomada tipik olarak hem bez santralinde hem de periferinde artmış kanlanma izlenir. Ayrıca, metastatik lenf nodülleri ve reaktif lenf nodülleri ile karşılaştırıldığında lenfomalarda kanlanma artışı daha belirgindir (82,84,101-103,105).

Çalışmaya dahil edilen lenf nodüllerinde tip 0 ve tip 1 vaskülarite benign özellik, tip 2 ve 3 vaskülarite ise malign özellik olarak kabul edilmiştir. Benign lenf nodülleri arasında en sık %53,8 oranında Tip 1 vaskülarizasyon izlenirken, malign lenf nodülleri arasında en sık %64,3 oranında Tip 3 vaskülarizasyon izlendi. Tip 0 ve 1 vaskülarizasyon benign lenf nodüllerinin 17'sinde (%65,4) izlenirken, malign lenf nodüllerinin hiçbirinde izlenmedi. Tip 2 ve 3 vaskülarizasyon ise benign lenf nodüllerinin 9'unda (%34,6) gözlenirken, malign lenf nodüllerinin 14'ünde (%100,0) izlendi. Renkli "power" Doppler US'nin benign ve malign lenf nodülünü ayırtetmede sırasıyla duyarlılık, özgüllük, pozitif ve negatif öngörü değeri ve doğruluk yüzdeleri sırasıyla, %100,0, %65,4, %60,9, %100,0, %77,5 olarak hesaplanmıştır. Tan ve ark.'nın (106) yaptığı çalışmada lenf nodülleri "power" Doppler US ile değerlendirilmiş olup beş tip vaskülarizasyon belirlenmiştir. Tip 1 ve tip 5 vaskülarite benign özellik olarak, tip 2, 3 ve 4 vaskülarite malign özellik olarak kabul edilmiştir. Çalışmada Tip 2,3 ve 4 vaskülarizasyon gösteren lenf nodüllerinin, 57 kez daha fazla malign olmaya yatkın oldukları belirtilmiştir. Lyschik ve ark.'nın yaptığı çalışmada lenf nodülleri "power" Doppler US ile değerlendirmiş olup iki tip vaskülarizasyon belirlenmiştir (12). Tip 1 vaskülarizasyonda akım sinyali yok ya da hilusta sınırlı olarak kabul edilmiş, Tip 2 vaskülarizasyon ise artmış periferik kan akımı olarak kabul edilmiştir. Benign lenf nodüllerinde avasküler ya da hiler kanlanma gözlenirken, malign lenf nodüllerinde periferik veya miks tipte kanlanma gözlendiğini belirtmişlerdir. PDUS incelemesinin sırasıyla duyarlılık, özgüllük, pozitif öngörü ve negatif öngörü değeri ve doğruluk yüzdeleri sırasıyla, %47, %99, %97, %71, %77 olarak belirtilmiştir. Sonuç olarak lenf bezi tanısında PDUS

sonuçlarının yüksek özgüllük ancak düşük duyarlılık gösterdiği ve US eşliğinde İİAB sonuçları ile karşılaştırılamayacağını rapor etmişlerdir (12). Ahuja ve ark.(7), periferel vaskülarite varlığının (hiler vaskülarizasyondan bağımsız), maligniteyi yüksek oranda düşündürdüğünü belirtmişlerdir. Tschammler ve ark. (101,107), RDUS'nin, lenf nodüllerinin iç vaskülaritesinden yola çıkılarak, yüzeysel lenf nodüllerinin malign-benign ayrımında yararlı ve güvenilir bir yöntem olduğunu özgüllüğünün %77, duyarlılığının %96 düzeyinde olduğunu belirtmektedir. Çalışmamızda renkli ‘‘power’’ Doppler US bulgularımız, literatürde konu ile ilgili çalışmaların büyük kısmı ile uyumluydu. Bizim çalışmamızda, renkli ‘‘power’’ Doppler US'nin duyarlılığı yüksek, özgüllüğü ise düşük bulunmuştur.

Çalışmaya dahil edilen lenf nodüllerinde Derece 1 ve Derece 2 benign özellik, Derece 3,4,5 ise malign özellik olarak kabul edilmiştir. Derece 1’de sert alan yok ya da çok az, Derece 2’de ise sert alan yüzdesi %45’in altında belirlenmiştir. Derece 1 lenf nodüllerinin 4’ünde izlenirken bunlardan 3’ü benign, 1’i maligndi. Derece 2 lenf nodüllerinin 26’sında izlenirken bunlardan 20’si benign, 6’sı maligndi. Derece 3’de sert alan yüzdesi %45’in üstünde, Derece 4’te tüme yakın sert alanlar ve sadece merkezi bölgede minimal alanlar ve Derece 5’te tamamen sert+yumuşak bir kenar olarak değerlendirilmiştir.

Benign lenf nodüllerinin % 88,5’i Derece 1 veya 2, malign lenf nodüllerinin ise % 50,0’si ise Derece 3,4 veya 5 olarak değerlendirilmiştir. Derece 5 olup benign ya da malign olan lenf nodülü saptanmadı. Benign grup içerisinde sık rastlanan dereceler, % 76,9 oranında Derece 2 idi. Malign grupta ise en sık rastlanan derece, % 71,5 oranında Derece 2 ve 3’tü. Benign grup içerisinde Derece 3 ve 4 sırasıyla % 11,6, % 0,0 oranında saptandı. Malign grupta ise Derece 1 ve 2 sırasıyla %7,1, % 42,9 oranında saptandı. Tan ve ark.’nın yaptığı çalışmada ise benign lenf nodüllerinin %87,9 oranında Derece 1 veya 2, malign lenf bezlerinin ise %50’si Derece 3 veya 4 olarak bulunmuştur (106). Malign lenf nodülleri içerisinde, primer malign lenf nodülleri %100 oranında Derece 2, metastatik lenf nodülleri ise %74,5 oranında Derece 3 veya 4 olarak bulunmuştur.

Yaptığımız çalışmada malign grubu, lenfoma ve metastazlar oluşturmakta olup lenfoma olgularında Derece 2 (%50,0), Derece 1 (%25,0) ve Derece 4 (%25,0) oranında izlenmiştir. Metastaz olgularında Derece 3 (%40,0), Derece 2 (%40,0) ve Derece 4 (%20,0) oranında izlenmiştir. Lenfoma olgularında en sık Derece 2 (%50,0); metastaz olgularında en sık Derece 3 (%40,0) ve Derece 2 (%40,0) izlenmiştir. Derece 1 metastatik grupta izlenmezken, lenfoma olgularında %25 oranında izlenmiştir.

Benign grup, akut lenfadenit, granüloamatöz lenfadenit, Kikuchi lenfadeniti, Rosai-Dorfman hastalığı, benign sitoloji ve nonspesifik reaktif hiperplazi olgularını içermektedir. Akut lenfadenit olgularında en sık Derece 2, granüloamatöz lenfadenitte en sık Derece 2, Kikuchi lenfadenitinde en sık ve tek olguda Derece 2, Rosai-Dorfman hastalığında en sık ve tek olguda Derece 2, benign sitoloji olgularında en sık Derece 2, nonspesifik reaktif hiperplazide en sık Derece 2 izlendi.

Kikuchi ve Kimura hastalığındaki lenf nodülleri sonografik olarak reaktif görünümde ekojenik hilusa sahip hipoeoik lenf nodülleri olma eğilimindedir ve renkli ‘‘power’’ Doppler US’de hiler kanlanma paterni göstermektedir. Rosai-Dorfman hastalığında gözlenen lenf nodülleri ise malign sonografik özellikler gösterirler. Bu lenf nodülleri ekojen sinüsünü kaybetmiş, yuvarlak şekilli ve hipoeoiktir. Renkli ‘‘power’’ Doppler US’de periferik veya mikst tipte kanlanma paterni gözlenir (108,109) Bizim çalışmamızda yer alan, Kikuchi hastalığı ve Rosai-Dorfman hastalığı tanısı alan iki olgunun sonografik ve renkli ‘‘power’’ Doppler US bulguları literatürde tanımlanan özellikler ile uyumluydu. Kikuchi hastalığında benign karakterde; Rosai-Dorfman hastalığında ise malign karakterde B-mod US ve renkli ‘‘power’’ Doppler US bulguları saptandı. Her iki hastalıkta da US Elastografi bulguları benigniteyi düşündürmekteydi ve elastografi derecesi 2 olarak belirlenmiştir. (Şekil 9,10) Bu bulgular, US elastografinin lenf nodüllerinin ayırıcı tanısında B-mod ve renkli ‘‘power’’ Doppler US bulgularına katkı sağlayan özgüllüğü yüksek bir tetkik olduğu görüşünü desteklemektedir. Olgu sayısı yeterli olmamakla birlikte Rosai-Dorfman olgularında US Elastografinin tanısal katkı sağlayabileceği ve diğer US yöntemlerini tamamlayıcı kullanılabilir bir tetkik olabileceğini düşünmekteyiz.

Granüloamatöz lenfadenit, lenf nodülleri içerisinde epitelooid granüloamların görüldüğü herhangi bir durumu tanımlayan morfolojik kategoridir. Enfeksiyon (tüberküloz, kedi tırmığı hastalığı, histoplazmosis, lenfogranüloma venorum, brucella vb.), sarkoidoz ve yabancı cisim granüloamlarında görülebilir. Granüloamatöz lenfadenitte lenf nodüllerinin sonografik bulguları değişkendir. Oval ya da fuziform şekilli, homojen ya da heterojen iç yapıda olabilir. Santral ekojen hilusu korunmuş olabilir veya gözlenmeyebilir. Kaba kortikal kalsifikasyonların varlığı tanı açısından önemlidir. Koagülasyon nekrozu eşlik edebilir ve intranodal ekojenik odaklar şeklinde görülür. Renkli ‘‘power’’ Doppler US’de hiler/periferik/mikst tipte kanlanma paterni gözlenebilir. Bu nedenle, B-mod US ve Doppler US bulguları ile granüloamatöz süreçleri malign süreçlerden ayırmak çoğu zaman güçtür. Literatürde granüloamatöz hastalıklar için sonoelastografi paterni belirtilmemiştir. Bizim çalışmamızda iki

olgu granüloamatöz lenfadenit histopatolojik tanısı almış olup iki olguda da B-mod US ve renkli “power” Doppler US bulguları maligniteyi düşündürmekteydi. Her iki olguda lenf nodüllerinin US elastografide oldukça yumuşak yapıda olduğu dikkat çekmiştir ve elastisite derecesi 2 olarak belirlenmiştir. (Şekil 11) Bu bağlamda, olgu sayısı yeterli olmamakla birlikte klinik olarak granüloamatöz hastalık kuşkusu bulunan ve B-mod US ve renkli “power” Doppler US bulguları maligniteyi düşündüren olgularda US Elastografi tanısall katkı sağlayabilir.

Çalışmamızda US elastografi Derece 1 ve 2 varlığının lenfomalarda metastazlardan sık olduğu izlenmektedir. (lenfoma %75, metastazda %40) Bu veri literatürü destekler niteliktedir. (12,22) Lenfomatöz lenf nodülleri metastatik lenf nodüllerine kıyasla genellikle daha büyük boyutlara ulaşırlar ancak yumuşak kıvamlı lenf nodülleridir. Çalışmamızda yer alan 4 lenfoma olgusundan 3’ünde US Elastografi derecesi 1 ve 2 saptanmış olup bu bulgu lenfomaların yumuşak kıvamlı iç yapısını destekler niteliktedir. Tanımlanan olgularda B-mod US ve renkli “power” Doppler US bulguları ise maligniteyi düşündürmekteydi. (Şekil 13) Bu bulgular ışığında, US Elastografinin lenfoma ile metastatik lenf nodüllerinin ayırıcı tanısında yararlı olabileceğini düşünmekteyiz. Ancak bu konuda daha geniş serili çalışmalar yapılması gerekmektedir. Çalışmamızda yer alan diğer lenfoma olgusu ise histopatolojik olarak Nodüler Sklerozan tip Hodgkin lenfoma tanısı almıştır. Hodgkin lenfomanın Nodüler Sklerozan tipinde fibrozis az ya da çok belirgin olabilir (14). Elastisite derecesinin yüksek olmasının histolojik yapısında yer alan fibrozise sekonder olduğunu düşünmekteyiz. Nitekim bu olgumuzda fibrozis derecesi 4 olarak bulunmuştur. (Şekil 14) Hodgkin lenfoma çok farklı histolojik yapılar sergileyen bir hastalıktır. Servikal patolojik lenf nodülü saptanan ve lenfoma kuşkusu olan olgularda US Elastografi bulguları lenfomanın histolojik tipi hakkında fikir verebilir diye düşünmekteyiz ancak daha geniş serili çalışmaların yapılması gerektiği kanaatindeyiz.

Çalışmamızda metastatik lenf nodüllerinin %40’ında US Elastografide Derece 2, %60 olguda ise Derece 3 ve 4 saptanmıştır. Zhang ve ark. yaptığı çalışmada malign lenf nodüllerinin %17,2’sinde, Alam ve ark.’nın çalışmasında %17’sinde elastisite paterni 1 ve 2 olarak belirtilmiştir. Bizim çalışmamızda bu oran literatür verileri ile karşılaştırıldığında nisbeten yüksektir. US Elastografide elastisite derecesi 2 saptanan metastatik lenf nodüllerinin hepsinde B-mod ve renkli “power” Doppler US bulguları maligniteyi düşündürmekteydi. (Şekil 17) US Elastografide saptanan düşük derecenin lenf nodülünü invaze eden tümöral hücrelerin farklı biyolojik davranışı, invazyonun evresi veya US Elastografi incelemesinin

teknik ve uygulayıcıya bağlı limitasyonlarına sekonder olabileceğini düşünmekteyiz. Bu sebeple, B-mod US ve renkli “power” Doppler US incelemesinde kuvvetle maligniteyi düşündüren bulgular varlığında değişik tümöral dokuların biyolojik davranışının farklı olabileceği ve tekniğin limitasyonlarına sekonder yanılgılar olabileceği akla gelmeli; klinik bulgular da destekliyor ise olgular mutlaka biyopsiye yönlendirilmelidir.

Tan ve ark.’nın çalışmasında, US elastografi için bizim çalışmamızdan farklı olarak 4 farklı skorlama kullanılmıştır (106). Derece 1 lenf nodülünde %80 ve üzerinde yeşil veya kırmızı alan izlenmesi, Derece 2 %50-80 oranında yeşil veya kırmızı alan izlenmesi, Derece 3 %50-80 oranında mavi (sert) alan izlenmesi, Derece 4 ise %80 üzerinde mavi(sert) alan izlenmesi olarak tanımlanmıştır. Benign ve malign lenf nodüllerini ayırtetmede sırasıyla duyarlılık, özgüllük, pozitif öngörü ve negatif öngörü değeri ve doğruluk yüzdeleri sırasıyla, %92,8, %53,4, %70,7, %86,1, %75 olarak belirtilmiştir.

Çalışmamızda US elastografide skorlamanın benign ve malign lenf nodülünü ayırt etmede sırasıyla duyarlılık, özgüllük, pozitif öngörü ve negatif öngörü ve doğruluk değeri yüzdeleri sırasıyla, %50, %88,5 , %70, %76,7 ve %75 olarak hesaplanmıştır.

Yapılan çalışmalarda US elastografinin en önemli avantajının yüksek özgüllüğe sahip oluşu vurgulanmıştır. Bizim çalışmamızdaki veriler de literatürdeki veriler ile uyumlu bulundu. Çalışmamızda US Elastografinin duyarlılığı %50,0, özgüllüğü %88,5 olarak hesaplandı.

Çalışmamızda, US Elastografinin malign lezyonlarda özgüllüğü (%88,5) yüksek, duyarlılığı ise (%50) düşük bulunmuştur. US Elastografi ile elde edilen yanlış negatif sonuçlar lenf nodülünün sert kıvamını oluşturan desmoplastik reaksiyon ve fibrozisin henüz yeterli miktarda gelişmediği metastatik invazyonun erken evresi veya invazyonun geç evresinde görülen likefaksiyon (kistik) nekroza bağlı lenf nodülünün daha yumuşak kıvamlı oluşu ile ilişkili olabilir. Bu bağlamda, primer malignitesi bulunan ve matastaz kuşkusu taşıyan olgularda lenf nodülünün kistik komponentini hesaplamaya dahil etmeyerek, elastografi derecesini belirlerken sert alanların tüm lenf nodülü yerine sadece solid komponente oranlanması da farklı bir skorlama yöntemi olarak kullanılabilir. Geniş bir klinik seride metastatik lenf nodüllerinin %74’ünün patolojide nekroz ve kistik alan içerdiği görülürken, santral nekroz görüntüleme çalışmalarının %32 ‘sinde gösterilebilmiştir (110). Görüntüleme yöntemleri ile saptayamadığımız mikrokistik alanlar da lenf nodülünün kıvamının daha yumuşak olmasına sebep olabilir ve US Elastografide yalancı negatif

sonuçlara yol açmış olabilir. Bunun yanı sıra, lenf nodüllerinin büyümesi birçok farklı patolojiden kaynaklanabileceği için farklı biyolojik davranışlar da sergileyebilir. Çalışmamızda yanlış negatif olarak değerlendirilen 7 olgudan 3'ü lenfoma olgusuydu. Lenfomatöz lenf nodülleri genellikle yumuşak kıvamlı olma eğilimindedir. Lenfoma olguları yanlış negatif gruptan çıkarıldığında US Elastografinin duyarlılığının nisbi yüksek (%60) olduğunu gözlemledik. Bu nedenle, elastografi bulgularını daha iyi değerlendirebilmek için lenf nodülünü etkileyen patolojinin biyolojik davranışı konusunda yeterli bilgiye sahip olmamız gerektiği ve daha geniş serili çalışmalara ihtiyaç duyulduğu kanaatindeyiz. Her ne kadar, yüzeysel yerleşimli lenf nodülleri çalışmaya dahil edilmiş olsa da lenf nodüllerinin yerleşim derinliği de elastisite derecesini etkilemiş olabilir. Çalışmamızda US Elastografi verilerinin kalitatif bilgisi kullanılarak elde edilmesi; gerinim oranı ölçümü yapılamadığından elastografik verilerin kantitatif bilgisinin elde edilememesi; skrolamanın, uygulayıcı kişinin öznel değerlendirmesine bağlı olması, çalışmadaki olgu sayısının pratik nedenlerle sınırlı kalması yapılan değerlendirmelerde US Elastografi incelemesinin sınırlılığını oluşturmaktadır ve sonuçların bu sebeplerle etkilenmiş olabileceğini düşünmekteyiz. Çalışmamızda yanlışları azaltmak için her lenf nodülünden 3 ölçüm elde edilmiştir. Ancak, iki boyutlu ölçümler yapılabilmektedir. Tüm lenf nodülünün sertlik derecesini yansıtan volümetrik ölçüm yapabilecek teknolojik donanımın sağlanması US elastografinin tanısal doğruluğunu arttırabilir.

Çalışmamızda yer alan tüm değişkenler içerisinde, duyarlılığı en yüksek olan değişkenler sırasıyla, B-mod US (%100), renkli "power" doppler US (%100), ekojenik hilus varlığı (%92,9), kısa eksen çapı (%85,7) ve uzun/kısa eksen oranı (%71,4) idi. Özgüllüğü en yüksek olan değişkenler ise, US-Elastografi (%88,5), uzun/kısa eksen oranı (%80,8) ve mikrokalsifikasyon ve/veya kistik bileşen (%76,9) idi. Genel doğruluk değeri en yüksek olan değişken vaskülarizasyon tipi idi (%77,5).

Lenf nodüllerini ayırt etmede B-mod, renkli "power" Doppler US ve US elastografinin tekli ve birlikte etkileri değerlendirildiğinde, duyarlılığı en yüksek olan incelemeler sırasıyla, B-mod US (%100,0), renkli "power" Doppler US (%100,0), B-modUS+renkli "power" Doppler US (%100,0) inceleme kombinasyonu idi. Özgüllüğü en yüksek olan inceleme B-mod US+renkli "power" Doppler US+US elastografi(%96,2) incelemelerinin birlikteliği ve US-elastografi(%88,5) idi. Genel doğruluk değeri en yüksek olan iki inceleme ise sırasıyla, B-mod US+renkli "power" Doppler US (%81,4); B-mod US+renkli "power" Doppler US+US elastografi(%79,5) incelemelerinin birlikteliği idi. Tek

başına ve kombine değerlendirmelerde doğruluğu en düşük olan inceleme, B-mod US değerlendirmesi idi.

Alam ve ark.(3) B-mod+US elastografiyi kombine olarak değerlendirmiş olup benign ve malign lenf nodüllerini ayırtmada sırasıyla duyarlılık, özgüllük, pozitif öngörü ve negatif öngörü değeri ve doğruluk yüzdeleri sırasıyla, %92, %94, %96, %88, %93 olarak hesaplanmıştır. Kombine incelemede tek başına B-mod ultrasonografi ve US elastografiye oranla daha yüksek oranda doğruluk değeri (%93) elde edilmiştir.

Bizim çalışmamızda, tek başına US elastografinin duyarlılığı (%50) düşük, özgüllüğünün (%88,5) ise yüksek olduğu saptanmıştır. Bunun yanı sıra, tek başına B-mod US (%57,7) ve renkli ‘power’ Doppler US’nin (%65,4) özgüllüğünün ise düşük olduğu ancak B-mod US+renkli ‘power’ Doppler US+US Elastografi incelemelerinin birlikte kombine kullanımı ile özgüllüğün (%96,2) belirgin arttığı saptanmıştır.

Yaptığımız çalışmada B-mod US ve renkli ‘power’ Doppler US’nin duyarlılığı, US Elastografinin ise özgüllüğü yüksek bulunmuştur. Bu bulgular, her üç tetkikin birbirini tamamlayabileceği ve kombine kullanımı ile tanısal doğruluğun artacağını düşündürmektedir. Ancak her üç tekniğin de yalancı pozitif sonuç verdiği nadir vakalar olabilir. Çalışmamızda yer alan ve nonspesifik reaktif hiperplazi tanısı alan bir olguda B-mod US, renkli ‘power’ Doppler US ve US Elastografi bulguları maligniteyi düşündüren nitelikteydi. (Şekil 12)

Literatürde, elastografik değerlendirmede gözlemciler arası yorum farklılığını araştıran çalışmalar bildirilmiştir (106,111). Bizim çalışmamızda, gözlemciler arasındaki (“inter-observer”) tutarlılığı ilk değerlendirme için uyum gücü ‘çok iyi’ ($\kappa=0.871$); üç hafta sonra yapılan ikinci değerlendirme için ise uyum gücü ‘çok iyi’ ($\kappa=0.807$) olarak hesaplandı. 1. gözlemci için kendi içindeki (“intra-observer”) uyum gücü ‘iyi’ ($\kappa=0.684$); 2. gözlemci için kendi içindeki (“intra-observer”) uyum gücü ‘çok iyi’ ($\kappa=0.968$) olarak belirlendi. Bizim çalışmamız da literatürdeki veriler ile uyumluydu. Tan ve ark. (106) yaptığı çalışmada gözlemciler arasındaki (“inter-observer”) tutarlılığı için uyum gücü ‘çok iyi’ olarak belirlenmiştir. (1.-2. gözlemci için $\kappa=0.881$; 1-3. gözlemci için $\kappa=0.828$; 2-3. gözlemci için $\kappa=0.946$ olarak saptanmıştır). Kunwar ve ark. (111) yaptığı çalışmada ise gözlemciler arasındaki (“inter-observer”) tutarlılığı için uyum gücünün orta-iyi ($\kappa=0.374-0.738$) arasında olduğu belirtilmiştir.

Çalışmamızda US Elastografi verileri, elastografi görüntüleri yani verilerin kalitatif bilgisi kullanılarak elde edilmiştir. Yaptığımız çalışmada gerinim oranı ölçümü yapılamadığından elastografik verilerin kantitatif bilgisi elde edilememiştir, bu da çalışmamızın limitasyonunu oluşturmaktadır. Ayrıca skorlamanın, uygulayıcı kişinin öznel değerlendirmesine bağlı olması, US Elastografi incelemenin sınırlılığı olarak kabul edilebilir. US Elastografi ile birlikte B-mod US ve renkli ‘‘power’’ Doppler görüntüleme de yapılması, elastografi verilerinin diğer sonografik veriler ile karşılaştırılmasına olanak sağlamıştır. Çalışmadaki olgu sayısının pratik nedenlerle kısıtlı kalmasına bağlı olarak sınırlı kalması, çalışmanın bir diğer kısıtlılığını oluşturmaktadır.

Literatürdeki çalışmalara paralel olarak bizim çalışmamızda da, US elastografinin lenf nodüllerinin ayırıcı tanısında B-mod ve renkli ‘‘power’’ Doppler US bulgularına katkı sağlayan özgüllüğü yüksek bir tetkik olduğu gözlenmiştir.

Sonuç olarak, US Elastografi yüksek özgüllük değerine sahip bir görüntüleme yöntemidir. Bu bağlamda, büyümüş yüzeysel metastatik servikal lenf nodüllerinin tanısında US elastografinin sonografinin performansını arttırabileceğini ve büyümüş lenf nodüllerinin doğası hakkında yararlı bilgiler sağlayabileceğini düşünmekteyiz. Lenf nodüllerini etkileyen patolojilerin tanısında klinik veriler de oldukça büyük önem taşımaktadır; bu nedenle, lenf nodüllerini değerlendirirken klinik öykü de dikkate alınmalıdır.

US Elastografi, benign ve malign servikal lenf nodüllerinin ayırıcı tanısında umut vaad eden noninvaziv bir görüntüleme yöntemidir. B-mod+Renkli ‘‘power’’ Doppler US+US Elastografi tekniklerinin kombine kullanılması ile lenf nodüllerinin benign-malign ayrımında görüntüleme yöntemlerinin tanısal doğruluk ve özgüllük değerleri artmaktadır. Her üç tekniğin kombine kullanımı ile gereksiz biyopsilerin sayısının azaltacağı kanaatindeyiz. Ayrıca baş-boyun malignitesi bulunan hastalarda doğru preoperatif evreleme ve uygun tedavi seçimi için sitolojik inceleme veya açık biyopsinin gerekli olduğu kuşkulu servikal lenf nodülünün seçiminde US Elastografinin yardımcı olabileceğini düşünmekteyiz.

6.ÖZET

AMAÇ: Çalışmamızın amacı, ultrasonografik elastografi tekniğinin, servikal lenf nodülü büyümelerinin malign ya da benign etiyolojisinin ortaya konulmasında, B-mod ve renkli “power” Doppler ultrasonografi teknikleri ile karşılaştırılması ve bu yöntemlere olası tanısal katkısını araştırmaktır.

GEREÇ VE YÖNTEM: Çalışmamıza Ağustos 2010 ve Mart 2012 tarihleri arasında Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesine başvuran, yüzeysel servikal lenf nodülü büyümesi saptanan ve Radyoloji Anabilim Dalı’na boyun ultrasonografi incelemesi için refere edilen, yaşları 2-84 arasında değişen 40 olguda bulunan 40 lenf nodülü (malign, n=14; benign, n=26) dahil edildi.

Tüm olgular, gerçek zamanlı elastografi yazılımı bulunan ultrasonografi cihazı ile değerlendirildi. Görüntüleme sırasında lenf nodüllerinin bulunduğu seviye, kısa eksen, uzun/kısa eksen oranı, hilus varlığı, iç yapısı, mikrokalsifikasyon varlığı, vasküliteleri değerlendirildi. Renkli “power” Doppler US’de lenf nodülleri vaskülarizasyon tiplerine göre 4 gruba ayrıldı. US elastografi incelemesinde lenf nodülleri içerdikleri sert alan yüzdelere göre derecelendirildi ve 5 gruba ayrıldı. Lenf nodüllerinin benign ve malign ayrımında histopatolojik bulgular, klinik ve laboratuvar verileri referans olarak alındı ve görüntüleme bulguları ile karşılaştırıldı.

BULGULAR: Benign grubu, Kikuchi hastalığı (n=1), Rosai-Dorfman hastalığı (n=1), benign sitoloji (n=4), nonspesifik reaktif hiperplazi (n=4), granümatöz lenfadenit (n=3) ve akut lenfadenit (n=13) olguları; malign grubu ise lenfoma (n=4) ve metastaz (n=10) olguları oluşturmaktaydı.

Benign ve malign lenf nodülünü ayırt etmede duyarlılık, özgüllük, ve doğruluk değeri yüzdeleri sırasıyla, B-mod US %100, %57,7, %72,5, renkli “power” Doppler US %100, %65,4, %77,5 ve US Elastografi %50, %88,5, %75 olarak hesaplanmıştır.

Elastografi skorlarının belirlenmesinde gözlemciler arasındaki (“inter-observer”) tutarlılığının uyum gücü ‘çok iyi’ ($\kappa=0.807$); gözlemcilerin kendi içindeki (“intra-observer”) uyum gücü 1. gözlemci için ‘iyi’ ($\kappa=0.684$); 2. gözlemci için uyum gücü ‘çok iyi’ ($\kappa=0.968$) olarak belirlendi.

SONUÇ: US elastografi lenf nodüllerinin ayırıcı tanısında B-mod ve renkli ‘power’ Doppler ultrasonografi bulgularına tanısal katkı sağlayan özgüllüğü yüksek bir görüntüleme yöntemidir.

SUMMARY

Diagnostic contribution of Ultrasound Elastography in the ultrasonographic evaluation of superficial cervical lymphadenopathy

PURPOSE: The purpose of our study was to evaluate the diagnostic contribution of sonographic elastography, comparatively with the diagnostic performance of B-mode and color "power" Doppler ultrasound techniques in the differentiation of benign and malignant enlarged cervical lymph nodes.

MATERIALS AND METHODS: From August 2010 to March 2012, forty lymph nodes (malign, n=14; benign, n=26) from 40 patients (age range, 2-84 years) who have enlarged superficial cervical lymph node and referred for neck sonography were examined and included in this study.

All patients were evaluated with ultrasonography device in real-time elastography software. During examination, images were evaluated according to following criteria; level, short-axis diameter, long to short axis ratio, hilum, internal structure, microcalcification and vascularity. For color ‘power’ Doppler US four different patterns were defined according to vascularization patterns. Elastographic scores of the lesions were categorized to five main groups according to distribution and percentage of hard area of lymph node. Histopathologic findings, clinical and laboratory data were used as reference standards for the diagnosis of benign and malignant lymph nodes and compared with imaging findings.

RESULTS: The benign group include Kikuchi lymphadenitis (n=1), Rosai-Dorfman disease (n=1), benign cytology (n=4), nonspecific reactive hyperplasia (n=4), granulomatous lymphadenitis (n=3), and acute lymphadenitis (n=13). The malignant group include lymphoma (n=4) and metastasis (n=10).

In the differential diagnosis of benign and malign lymph nodes; sensitivity, specificity and accuracy of grayscale US were 100%, 57,7%, 72,5%, respectively; 100%, 65.4%, 77.5% for color “power” Doppler and 50%, 88,5%, 75% for US elastography.

The κ values for inter-observer agreement were ‘very good’ ($\kappa=0.807$); for intra-observer agreement ‘good’ ($\kappa=0.684$) (observer 1) and ‘very good’ ($\kappa=0.968$) (observer 2).

CONCLUSION: With its high specificity, US Elastography is a useful imaging technique that contribute diagnostic ultrasonographic findings to B-mode and color “power” Doppler US in the differential diagnosis of lymph nodes .

7. KAYNAKLAR

1. Oyar O. Boyun lenf Bezleri: Boyun Ultrasonografisi. Birinci Baskı. Oyar O (ed) Güven-Nobel, İzmir 2000, S85-123
2. Ying M, Ahuja A: Sonography of neck lymph nodes. Part 1: normal lymph nodes. Clin Radiol 58(5):351-8, 2003
3. Alam F, Naito K, Horiguchi J, Fukuda H, Tachikake T, Ito K: Accuracy of Sonographic Elastography in the Differential Diagnosis of Enlarged Cervical Lymph Nodes : Comparison with Conventional B-Mode Sonography. AJR 2008; 191: 604-610
4. Ying M, Ahuja A. [13 Screens] URL: http://www.droid.cuhk.edu.hk/web/specials/lymph_nodes/lymph_nodes. March 02, 2010
5. Ahuja A, Ying M: An Overview of Neck Node Sonography. Invest Radiol 37: 333-342, 2002
6. Ahuja A, Ying M: Sonographic Evaluation of Cervical Lymphadenopathy: is Power Doppler Sonography Routinely Indicated? Ultrasound Med Biol 29(3):353-9, 2003
7. Ying M, Ahuja A: Sonography of neck lymph nodes. Part 2: abnormal lymph nodes. Clin Radiol 58(5):359-66, 2003
8. Ahuja A, Ying M: Sonographic Evaluation of Cervical Lymph Nodes. AJR Am J Roentgenol 185 (5): 1691-9, 2005
9. Kahraman ZF. Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi ile Servikal Lenf Nodlarının Karakterizasyonu ve Histopatolojik Korelasyon. Uzmanlık Tezi. Kayseri: Erciyes Üniversitesi, 2006
10. Bhatia KSS, Rasalkar DD, Lee YP, Wong KT, King AD, Yuen HY, AT, Ahuja. Evaluation of real-time qualitative sonoelastography of focal lesions in the parotid and submandibular glands applications and limitations. Eur. Radiol. 2010; Aug. 20(8):1958–64
11. Nazarian LN. Science to Practice: Can Sonoelastography Enable Reliable Differentiation between Benign and Metastatic Cervical Lymph Nodes? Radiology 2007; 243(1): 1–2
12. Lyshchik A, Higashi T, Asato R, Tanaka S, Ito J, Hiraoka M et al. Cervical Lymph Node Metastases: Diagnosis at Sonoelastography—Initial Experience. Radiology 2007; 243 (1):258–267
13. Lyshchik A, Higashi T, Asato R, Tanaka S, Ito J, Mai J.J et al. Thyroid Gland Tumor Diagnosis at US Elastography. Radiology 2005; 237:202–211
14. Zhang Y, LV Q, Yin Y et al. The value of ultrasound elastography in differential diagnosis of superficial lymph nodes. Front Med China 2009; 3: 368-374

15. Sadler T.W. Langman's Medikal Embriyoloji. Yedinci Baskı. Ankara 1996, S218
16. Erkoçak A. Lenf Düğümleri: Özel histoloji. 5.Baskı. Erkoçak A(ed) refko, İzmir 1984, S:55-63
17. Andreoli. Cecil Essentials of Medicine. Beşinci Baskı. Nobel Tıp Kitapevi 2002, S436
18. Kumar V, Cotran RS, Robbis SL. Temel patoloji. Çeviri editörü: Çevikbaş U Altıncı edisyon. Nobel Kitabevi. 2000; 43
19. Rouviere H. Lymphatic System of the Head and Neck. AnnArbor, Mich: Edwards Brothers, 1938;5-28
20. Shah J, Strong E, Spiro R, Vikram B. Surgical Grand Rounds: Neck dissection: Current Status and Future Possibilities. Clin Bull 1981;11:25-33
21. SOM PM, Curtin HD: Lymph nodes: Head and Neck Imaging, Fourth Edition. Som PM, Curtin HD(ed) Mosby, United states Of America 2003, S 1865-1929
22. Bruneton JN, Rubatelli L. Lymph nodes. In: Solbiati L, Rizzato G, editors. Ultrasound of Superficial Structures. 1st ed. Edinburgh: Churchill Livingstone; 1995. p. 279-301
23. Çavuşoğlu AÇ, Saydam S, Canda T, Sakızlı M. Meme Tümör Sınıflamasında Yenilik Çabaları. TheJournal Of Breast Health 2009, Cilt 5, Sayı 4, S: 187- 190
24. R.Ferrer. Lymphadenopathy: Differential Diagnosis and Evaluation. American Family Physician, URL: <http://www.aafp.org/afp/981015ap/ferrer.html> Oct 15, 1998; 2-12
25. Kumar V, Cotran RS, Robbins SL. Temel patoloji. Çeviri editörü: Çevikbaş U Altıncı edisyon. Nobel Kitabevi. 2000; 420, 475-476
26. Razek A.A.K.A, Castillo M. İmaging Appearance of Granulomatous Lesions of Head and Neck.European Journal Of Radiology 76(2010)52-60
27. Kumar V, Cotran RS, Robbins SL. Temel patoloji. Çeviri editörü: Çevikbaş U Altıncı edisyon. Nobel Kitabevi. 2000; 360-372
28. Yılmaz S, Sağlam K.Lenfadenopatiye Tanısal Yaklaşım ve Tüberküloz Lenfadenit Tedavisi.URL:<http://www.gata.edu.tr/dahilibilimler/ichastaliklari/files/dersler/49.pdf>. S:1-14 .March 04, 2010
29. Bosch X, Guilabert A. Kikuchi-Fujimoto Disease. Orphanet J Rare Dis. 2006 May 23;1:18 Review.
30. Xavier RG, Silva DR, Keiserman MW, Lopes MF. J Bras Pneumol. Kikuchi-Fujimoto Disease 2008 Dec;34(12): 1074-8
31. Hua F, Zhu L. Kikuchi Fujimoto Disease Associated with Cryptojenic Organizing Pneumonia: A Case Repot and Literature Review. BMC InfectDis. 2010 Mar 11; 10-64

32. Kumar V, Cotran RS, Robbins SL. Temel patoloji. Çeviri editörü: Çevikbaş U Altıncı edisyon. Nobel Kitabevi. 2000; 409
33. Dahnert W: RadiologyReview Manual 2nd ed. Baltimore: Williams-Wilkins, 1996;337-345
34. Weissleder R, Wittenberg J, Harisinghani M.G. Primerof Diagnostic Imaging. 3rd ed. 2003 S: 80-81
35. Özdemir H, Kendirli T. Kawasaki Hastalığı. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası Cilt 57, Sayı 1, 2004 S:39-44
36. Sakai O, Curtin HD, Romo LV, Som PM. Lymphnodepathology. Benign proliferative, lymphoma, and metastatic disease. Radiol Clin North Am. 2000 Sep;38(5):979-98.
37. Oyar O, Gülsoy UK, Tıbbi Görüntüleme Fiziği. 2003; Rekmay, 167- 230
38. Kaya T. Temel Radyoloji Tekniği.1997. 415-427
39. Wells PT: Biomedical Ultrasonics. New York, Academic Pres, 1977; S: 120- 123
40. Rumack MC, Wilson RS, Charboneau JW. Physics of ultrasound. Diagnostic Ultrasound. Üçüncü Baskı, Mosby, Missouri, 2005; 3-35
41. Kalender O, Kavalcı R, Ultrasonografi (makale). Odev sitesi.com/odevler 1/13607-Ultrasonografi
42. Oyar O. Radyolojide Temel Fizik Kavramlar. Birinci baskı. Nobel Tıp kitapevleri, 1998; 101- 107; 188 -196, 232 -244
43. Hagen-Ansert SL. Ultrasonun Temelleri: Tanısal Ultrasonografi. Beşinci Baskı, Güneş Kitabevi, 2005; 3- 23
44. Türk Radyoloji Derneği, Temel Radyoloji Fiziği, Birinci Baskı. İzmir, İnan Basım, 2005; S:181-191
45. Oyar O, Gülsoy U.K, Tıbbi Görüntüleme Fiziği. Ankara, Tisamat Basım, 2003
46. Štoll, Ivan. "Christian Doppler — Man, Work and Message". The Phenomenon of Doppler. Prague: The Czech National University. 1992; S: 28
47. Oğuz M, Aksungur E. H, Bıçakçı Y.K, Çeliktaş M, Ultrasonografi, Birinci Baskı. Adana, Nobel Tıp Kitabevi, 1997; S:3-21.
48. Tuncel E. Klinik Radyoloji. İkinci Baskı, Nobel-Güneş Kitabevi 2007; 173-174
49. Zwiebel WJ, Pellerito JS. Introduction To Vascular Ultrasonography. Mihmanlı İ (Türkçe çevirisi). Vasküler Ultrasona Giriş, Birinci Baskı. İstanbul, Medikal Yayıncılık, 2006; S:20-131.
50. Luo J, Ying K, Bai J. Elasticity reconstruction for ultrasound elastography using a radial compression: an inverse approach. Ultrasonics 2006;44: 195-8

51. Garra BS. Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound. *Ultrasound Q* 2007;23(4):255–68
52. Taylor LS. Three-dimensional sonoelastography; principles and practices with application to tumor visualization and volume estimation. University of Rochester, Rochester -New york,2002
53. Ophir J, Kallel F, Varghese T, Alam SK, Krouskop T, Garra BS, et al. Elastography. Optical and acoustical imaging of biological media 2001;4:1193–212
54. Pehlivan F. Biyofizik. 2. Baskı. Ankara:Hacettepe Taş,1997;390-4.
55. Damask AC. Medical Physics Vol.1, Academic Press, New york
56. Burr. DB, Turner CH. Basic biomechanical measurements of bone, 1993. 14: 595-608
57. Herzog W, Nigg B. Biomechanics of musculoskeletal system. 2nd. Ed. New York 2002, 49-84
58. Yousem DM, Som PM, Hackney DB, Schwaibold F, Hendrix RA (1992) Central nodal necrosis and extracapsular neoplastic spread in cervical lymph nodes: MR imaging versus CT. *Radiology* 1992; 182:753-759
59. Havre RH, Elde E, Gilja OH, Odegaard S, Eide GE, Matre K, et al. Freehand real-time elastography: impact of scanning parameters of image quality and in vitro intra- and interobserver validations. *Ultrasound Med Biol* 2008;34(10):1638–50
60. Lerner RM, Huang SR, Parker KJ. ‘‘Sonoelasticity’’images derived from ultrasound signals in mechanically vibrated tissues. *Ultrasound Med Biol* 1990;16(3):231-9
61. Ophir J, Alam SK, Garra B, Kallel F, Knofagou E, Krouskop T, et al. Elastography: ultrasonic estimation and imaging of the elastic properties of tissues. *Proc Inst Mech eng* 1999;213(3):203-33
62. Garra BS, Cespedes EI, Ophir J, Spratta SR, Zuurbier RA, Magnant CM, et al. Elastography of breast lesions: initial clinical results. *Radiology* 1997;202(1):79-86
63. Cochlin DL, Ganatra RH, Griffiths DF. Elastography in the detection of prostatic cancer. *Clin Radiol* 2002;57(11):1014-20
64. Som PM. Detection of metastasis in cervical lymph nodes: CT and MR criteria and differential diagnosis. *Am J Roentgenol* 1992;158:961-9
65. Baatenburg de Jong RJ, Rongen RJ, Verwoerd CD, van Overhagen H, Lameris JS, Knegt P. Ultrasound-guided fine-needle aspiration biopsy of neck nodes. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 1991;117:402-4
66. Gültekin S. Lenf Nodu Doppler Ultrasonografi. Tıbbi Ultrasonografi Derneği, Klinik Doppler Uygulamaları Kursu,2-3 Mayıs 2009,S:1-9

67. Evaluation of regional lymph nodes in breast cancer patients. Stavros AT, editor. Breast Ultrasound. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2004. p. 834–76.
68. Ying M, Ahuja A, Brook F, Metreweli C. Power Doppler sonography of normal cervical lymph nodes. J Ultrasound Med 2000;19:511–7
69. Tschammler A, Ott G, Schang T, Seelbach-Goebel B, Schwager K, Hahn D. Lymphadenopathy: differentiation of benign from malignant disease—color Doppler US assessment of intranodal angioarchitecture. Radiology 1998;208:117–23
70. Esen G, Gurses B, Yilmaz MH, et al. Gray scale and power Doppler US in the preoperative evaluation of axillary metastases in breast cancer patients with no palpable lymph nodes. Eur Radiol 2005;15(6):1215–23
71. Senchenkov A, Staren ED. Ultrasound in head and neck surgery: thyroid, parathyroid and cervical lymph nodes. Surg Clin North Amer 2004; 84: 973-1000
72. Chan Joe M., Shin Lewis K., Jeffrey R. Brooke. Ultrasonography of Abnormal Neck Lymph Nodes. Ultrasound Quarterly Volume 23, Number 1, March 2007
73. G.Esen et al. Ultrasound of superficial lymph nodes. European Journal of Radiology 58 (2006) 345-359
74. Evans RM, Ahuja A, Metreweli C. The linear echogenic hilus in cervical lymphadenopathy--a sign of benignity or malignancy? Clin Radiol 1993;47:262-4
75. Ahuja AT, Ying M, Yuen HY ve ark. “Pseudocystic” appearance of non-Hodgkin’s lymphomatous nodes: an infrequent finding with high-resolution transducers. Clin Radiol 2001; 56:111-115
76. Ahuja AT, Chow L, Chick W, King W, Metreweli C. Metastatic cervical nodes in papillary carcinoma of the thyroid: ultrasound and histological correlation. Clin Radiol 1995;50:229-31
77. Ahuja A, Ying M, Yang WT, Evans R, King W, Metreweli C. The use of sonography in differentiating cervical lymphomatous lymph nodes from cervical metastatic lymph nodes. Clin Radiol 1996;51:186-90
78. Bruneton JN, Normand F, Balu-Maestro C et al. Lymphomatous superficial lymph nodes: US detection. Radiology 1987;165:233-5
79. Ahuja A, Ying M, King W, Metreweli C. A practical approach to ultrasound of cervical lymph nodes. J Laryngol Otol, 1997;111: 245–256
80. Ahuja A, Ying M, Evans R, et al. The application of ultrasound criteria for malignancy in differentiating tuberculous cervical adenitis from metastatic nasopharyngeal carcinoma. Clin Radiol, 1995;50:391–395

81. Ying M, Ahuja AT, Evans R, et al. Cervical lymphadenopathy: sonographic differentiation between tuberculous nodes and nodal metastases from non-head and neck carcinomas. *J Clin Ultrasound*, 1998;26:383–389
82. Wu C.H, Hsu M.M, Chang Y.L, Hsieh F.J, Vascular Pathology of Malignant Cervical Lymphadenopathy, Qualitative and Quantitative Assessment with Power Doppler Ultrasound. *CANCER* September 15, 1998 / Volume 83 / Number 6.S:1189-1196
83. Ying M, Ahuja A, Brook F. Accuracy of sonographic vascular features in differentiating different causes of cervical lymphadenopathy. *Ultrasound Med Biol* 2004;30(4):441–7.
84. Steinkamp HJ, Teichgraber UK, Mueffelman M, Hosten N, Kenzel P, Felix R. Differential diagnosis of lymph node lesions: a semiquantitative approach with power Doppler sonography. *Invest Radiol* 1999;34(8):509–15
85. Giovagnorio F, Galluzzo M, Andreoli C, De Cicco ML, David V. Color Doppler sonography in the evaluation of superficial lymphomatous lymph nodes. *J Ultrasound Med* 2002;21:403–8
86. Ahuja A, Ying M, Yuen YH, Metreweli C. Power Doppler sonography to differentiate tuberculous lymphadenopathy from nasopharyngeal carcinoma. *AJNR Am J Neuroradiol* 2001;22:735–40
87. Knappe M, Louw M, Gregor RT. Ultrasonography-guided fine-needle aspiration for the assessment of cervical metastases. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 2000;126:1091–1096
88. Baatenburg de Jong RJ, Rongen RJ, Verwoerd CD, et al. Ultrasoundguided fine-needle aspiration biopsy of neck nodes. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*, 1991;117:402–404
89. Atula TS, Varpula MJ, Kurki TJ, Klemi PJ, Grenman R. Assessment of cervical lymph node status in head and neck cancer patients: palpation, computed tomography and low field magnetic resonance imaging compared with ultrasound-guided fine-needle aspiration cytology. *Eur J Radiol* 1997;25:152–61
90. Van den Breckel MW, Reitsma LC, Quak JJ, et al. Sonographically guided aspiration cytology of neck nodes for selection of treatment and follow-up in patients with N0 head and neck cancer. *AJNR Am J Neuroradiol* 1999;20:1727–31
91. Van den Brekel MW, Stel HV, Castelijns JA, Croll GJ, Snow GB. Lymph node staging in patients with clinically negative neck examinations by ultrasound and ultrasound-guided aspiration cytology. *Am J Surg* 1991;162(4):362-366
92. Van den Brekel, Castelijns JA, Stel HV, et al. Occult metastatic neck disease: detection with US and US-guided fine needle aspiration cytology. *Radiology* 1991;180(2):457-461

93. Lou S, Kim E, Dighe M, Kim Y. Thyroid nodule classification using Ultrasound elastography via linear discriminant analysis. *Ultrasonics* 2011;51(4):425-31
94. Gharib H, Goellner JR. Fine-needle aspiration biopsy of the thyroid: an appraisal. *Ann Intern Med* 1993;118(4):282-9
95. Glaser KJ, Felmlee JP, Manduca A, Kannan Mariappan Y, Ehman RL. Stiffness-weighted magnetic resonance imaging. *Magn Reson Med* 2006; 55:59–67
96. Huwart L, Peeters F, Sinkus R, et al. Liver fibrosis: non-invasive assessment with MR elastography. *NMR Biomed* 2006; 19:173–179
97. Ophir J, Cespedes I, Ponnekanti H, Yazdi Y, Li X. Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues. *Ultrason Imaging* 1991;13:111–134
98. Cho N, Moon WK, Park JS, et al. Nonpalpable breast masses: evaluation bu US elastography. *Korean J Radiol* 2008; 9:111-118
99. Giovanni M, Botelberge T, Bories E, et al. Endoscopic ultrasound elastography for evaluation of lymph nodes and pancreatic masses: a multicenter study. *World J Gastroenterol* 2009; 15:1587-1593
100. Steinkamp HJ, Wissgott C, Rademarker J, Felix R. Current status of power Doppler and color Doppler sonography in the differential diagnosis of lymph node lesions. *Eur Radiol* (2002) 12:1785-1793
101. Tschammler A, Hahn D: Multivariate analysis of the adjustment of the color Duplex unit for the differential diagnosis of lymph node alterations. *Eur Radiol* 9: 1445-1450, 1999
102. Wu S.H, Shih J.C, Chang Y.L, Lee S.Y, Hsieh F.J. Two-Dimensional and Three-Dimensional Power Doppler Sonographic Classification of Vascular Patterns In Cervical Lymphadenopathies. *J Ultrasoun med* 17:459-464, 1998
103. Na DG, Lim HK, Byun HS, et al. Differential Diagnosis of Cervical Lymphadenopathy: Usefulness of Color Doppler Sonography. *AJR* 168(5): 1311-1316, 1997
104. Tschammler A, Wirkner H, Ott G, Hanh D (1996) Vascular patterns in reactive and malignant lymphadenopathy. *Eur Radiol* 6: 473-480
105. Wu Ch, Chang YL, Hsu WC, Ko JY, Sheen TS, Hsieh FJ (1998) Usefulness of Doppler spectral analysis and power Doppler sonography in the differentiation of cervical lymphadenopathies. *AJR* 171: 503-509
106. Tan R, Xiao Y, He Q: Ultrasoun Elastography: Its Potential Role In Assessment of Cervical Lymphadenopathy. *Acad Radiol* 2010; 17:849-855

107. Tschammler A, Heuser B, Ott G, Schmitt S, Hahn D: Pathological angioarchitecture in lymph nodes: underlying histopathologic findings. *Ultrasound Med Biol* 26(7): 1089-97, 2000
108. Ying M, Ahuja AT, Yuen HY. Grey-scale and power Doppler sonography of unusual cervical lymphadenopathy. *Ultrasound Med Biol* 2004;30:449–454
109. Ahuja A, Ying M, Mok JS, Anil CM. Gray scale and power Doppler sonography in cases of Kimura disease. *AJNR* 2001;22:513–517
110. Van den Brekel MWM, Stel HV, Castelijns JA, et al. Cervical lymph node metastases: assessing of radiological criteria. *Radiology* 1990; 177:379-384
111. Kunwar S.S. Bahatia, Carmen C. M. Cho, Yuen-Hok Yuen, Darshana D. Rasalkar, Ann D. King, and Anil T. Ahuja. Real-Time Qualitative Ultrasound Elastography of Cervical Lymph Nodes in Routine Clinical Practice: Interobserver Agreement and Correlation with Malignancy. *Ultrasound in Med&Biol.*, Vol. 36, No. 12, pp. 1990-1997, 2010