



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

**İNGUİNAL HERNİSİ OLAN ÇOCUKLARDA SUPERB
MICROVASCULAR IMAGING (SMI) VE SHEAR WAVE
ELASTOGRAFI(SWE) MODALİTELERİ İLE PRE-OPERATİF VE
POST-OPERATİF TESTİS DEĞERLENDİRMESİ**

Dr. Nusret SEHER

TIPTA UZMANLIK TEZİ

RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

Danışman

Doç. Dr. Alaaddin NAYMAN

KONYA, 2021

T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ

**İNGUİNAL HERNİSİ OLAN ÇOCUKLARDA SUPERB
MICROVASCULAR IMAGING (SMI) VE SHEAR WAVE
ELASTOGRAFI(SWE) MODALİTELERİ İLE PRE-OPERATİF
VE POST-OPERATİF TESTİS DEĞERLENDİRMESİ**

Dr. Nusret SEHER

TIPTA UZMANLIK TEZİ

RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

Danışman

Doç. Dr. Alaaddin NAYMAN

Bu araştırma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 18102048 proje numarası ile desteklenmiştir.

KONYA, 2021

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimi aldığım sürede çok değerli ilgi, katkı ve desteklerini gördüğüm, bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım, başta akademik ve bilimsel düzeyde olmak üzere, hayat tecrübeleriyle beni yönlendiren ve benim yetişmemde büyük emeği ve desteği olan değerli hocam sayın Prof. Dr. Yahya PAKSOY'a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunmayı bir borç bilirim. Asistanlık hayatım boyunca her türlü desteğini hissettiğim, başta akademik ve bilimsel düzeyde olmak üzere her türlü desteği ve katkıyı benden hiçbir şekilde esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Mustafa KOPLAY'a ayrıca teşekkürlerimi ve saygılarımı sunmayı bir borç bilirim. Tez serüvenimde, tezimin seçiminde ve hazırlanma aşamalarında her türlü desteği ve yardımı sağlayan, akademik ve bilimsel yönden de desteğini esirgemeyen sayın Doç. Dr. Alaaddin NAYMAN hocama katkılarından dolayı sonsuz teşekkür ve saygılarımı sunarım. Radyoloji uzmanlığı eğitimimin süresi boyunca bana emeği geçen, desteklerini her zaman hissettiğim, bilgilerinden faydalandığım sayın Doç. Dr. Abdussamet BATUR, Doç. Dr. Mehmet ÖZTÜRK, Doç. Dr. Sedat DURMAZ, Dr. Öğr.Üyesi Hakan CEBECİ, Dr. Öğr. Üyesi Emine UYSAL, Dr. Öğr.Üyesi Abidin KILINÇER ve Dr. Öğr.Üyesi Halil ÖZER olmak üzere tüm klinik hocalarıma da katkılarından dolayı sonsuz teşekkürlerimi ve saygımı bir borç bilirim. Birlikte çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum tüm araştırma görevlisi arkadaşlarıma, uzmanlık eğitimi boyunca uyumlu ve dostluğa dayanan bir işyeri ortamı oluşturdukları ve destekleri için kıymetli teknisyenlerimize ve tüm bölüm çalışanlarımıza teşekkür ederim. Hayatım boyunca her zaman yanımda olan, benden yardım ve desteklerini esirgemeyen, sonsuz sevgileriyle bana her türlü konuda gerçek anlamda destek olan, zor zamanlarımda her zaman desteklerini hissettiğim sevgili anneme ve babama, kardeşlerime, canım eşim ve kızıma tüm kalbimle teşekkür ederim.

DR. NUSRET SEHER

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ŞEKİLLER ve TABLOLAR LİSTESİ	vi
1.GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. İnguinal Kanal.....	3
2.1.1. İnguinal Kanal Anatomisi	3
2.1.2. İnguinal Kanal Fizyolojisi.....	4
2.1.3. İnguinal Bölge Arterleri	6
2.1.4. İnguinal Bölge Venleri.....	7
2.1.5. İnguinal Bölge Lenfatikleri.....	7
2.1.6. İnguinal Bölge Sınırları.....	8
2.2. Testis	9
2.2.1. Testis Embriyolojisi	9
2.2.2. Testis Histolojisi	11
2.2.3. Testis Anatomisi.....	12
2.2.3.1. Testisin arteryal anatomisi ve kanlanması	15
2.2.3.2. Testisin venöz anatomisi ve drenajı	16
2.3. Kullanılan Görüntüleme Modaliteleri	18
2.3.1. Sonoelastografi.....	18
2.3.1.1. Statik yöntem ve strain elastografi.....	20
2.3.1.2. Dinamik yöntemler.....	23
2.3.1.2.1. Transient elastografi.....	24

2.3.1.2.2. Shear wave elastografi	24
2.3.1.2.3. Akustik radyasyon force impulse (ARFI)	26
2.3.2. Doppler Görüntüleme.....	28
2.3.2.1. Temel doppler fiziği.....	28
2.3.2.2. Doppler inceleme parametreleri	31
2.3.2.2.1. Pulse repetition frequency (PRF).....	31
2.3.2.2.2. Doppler açısı	32
2.3.2.2.3. Örnek volüm (Sample Volüm).....	33
2.3.2.2.4. Duvar filtreleri.....	33
2.3.2.2.5. Çerçeve hızı (Frame Rate)	33
2.3.2.2.6. Doppler gain (Kazanç Ayarı).....	34
2.3.2.3 Doppler teknikleri	34
2.3.2.3.1. Sürekli dalga (continuous wave) doppler.....	34
2.3.2.3.2. Spektral (duplex) dopler.....	35
2.3.2.3.3. Renkli doppler ultrasonografi (RDUS)	35
2.3.2.3.4. Power doppler ultrasonografi (PDUS).....	36
2.3.2.3.5. Superb microvascular imaging (SMI).....	37
3. GEREÇ VE YÖNTEM	41
3.1. Hasta Seçimi.....	41
3.2. Ultrasonografik incelemeler.....	41
3.3. İstatistiksel Analiz.....	42
4. BULGULAR.....	44
5. TARTIŞMA	51
6. SONUÇ	59
KAYNAKLAR	60
ÖZET.....	66

SUMMARY	68
EKLER.....	69
EK-1: Etik Kurul Onay Belgesi	69
EK-2: Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu	69



SİMGELER VE KISALTMALAR

AMH	: Anti mülleryan hormon
ARFI	: Acoustic radiation force impulse(Akustik Radyasyon İtiş Kuvveti)
CGRP	: kalsitonin geni ilişkili peptid
kPa	: Kilopaskal
mSMI	: Monocrom superb microvascular imaging
cSMI	: Color superb microvascular imaging
M/S	: Metre/Saniye
PDUS	: Power Doppler
PI	: Pulsatilite İndeksi
PPV	: Patent processus vaginalis
PRF	: Pulse Repetition Fruquency
RDUS	: Renkli doppler Ultrasonografi
RF	: Radyofrekans
RI	: Rezistif İndeks
ROC	: Receiver operating characteristic
ROI	: Region of Interest
USG	: Ultrasonografi
SE	: Sonoelastografi
SWE	: Shear Wave Elastografi
SMI	: Superb Microvascular Imaging
VCİ	: Vena cava inferior

ŞEKİLLER ve TABLOLAR LİSTESİ

Şekil 1: İnguinal kanal anatomisi (12)	4
Şekil 2: İnguinal kanalın anterior ve posteriordan görünümü (12)	5
Şekil 3: İnguinal bölge arterleri (12).....	6
Şekil 4: İnguinal bölge venleri (12)	7
Şekil 5: İnguinal bölgenin lenfatik drenajı(12)	8
Şekil 6: İnguinal Bölge sınırları (12)	9
Şekil 7: Testisin skrotuma inişinin şematizasyonu (19).....	11
Şekil 8: Seminifer tübülün şematik gösterimi(23)	12
Şekil 9: Transvers keside testis anatomisi(29).....	13
Şekil 10: Testis, epididim ve diğer testiküler kanalların vertikal görünümü (31)	14
Şekil 11: Testisin arteryal ve venöz anatomisi(31).....	15
Şekil 12: Koronal BT kesitinde; Sağ testiküler ven VCI'ye daha oblik açılırken (kırmızı ok), sol testiküler ven sol renal vene daha dik açılmaktadır (beyaz ok).	17
Şekil 13: Dokuların elastikiyetini gösteren katsayılar(35).....	19
Şekil 14: Elastografi tekniklerinin şematik gösterimi(40)	21
Şekil 15: Strain elastografi tekniğinin şematik gösterimi(35).....	22
Şekil 16: Dinamik elastografi tekniğinin şematik gösterimi(35)	24
Şekil 17: SWE fiziğinin şematik görünümü(47).....	25
Şekil 18: SWE görüntüsü	26
Şekil 19: ARFI tekniğiyle Shear Wave dalgalarının hız ölçümü(55)	27
Şekil 20: Doppler kaymasının şematik gösterimi(57).....	30
Şekil 21: Aliasing artefaktı (57).....	32
Şekil 22: Konvansiyonel doppler ve SMI'nın filtreleme özellikleri (59).	38

Şekil 23: Renkli doppler (a), power doppler (b), color SMI (c) ve monokrom SMI (d). SMI modalitelerinde vasküler yapılar daha ayrıntılı izleniyor (79).....	40
Şekil 24: SMI kullanımını ve VI ölçümü (ok).	40
Şekil 25: SWE incelemesinde aynı testisin kPa ve m/s cinsinden ölçümleri.....	42
Şekil 26: SMI incelemesinde VI ölçümü	43
Şekil 27: Herni tarafı testiste VI değerlerinin kontrollere göre değişimi.....	45
Şekil 28: Herni tarafı testiste kPa değerlerinin kontrollere göre değişimi	47
Şekil 29: Herni tarafı testiste m/s değerlerinin kontrollere göre değişimi	48
Şekil 30: Herni tarafı/Sağlam taraf VI ortalamasının karşılaştırılması	49
Şekil 31: Herni tarafı/Sağlam taraf kPa ortalamasının karşılaştırılması	49
Tablo 1: Elastografi yöntemleri (39).....	20
Tablo 2: Doppler denklemi(56).....	30
Tablo 3: Doppler ile elde edilebilen akım bilgileri(56)	31
Tablo 4: Nyquist Limit Hesaplanma denklemi	32
Tablo 5: Çalışmaya dahil olma/hariç tutma kriterleri	41
Tablo 6: Hastaların yaş ortalaması ve herni tarafına göre dağılımı	44
Tablo 7: Tanımlayıcı istatistikler	44
Tablo 8: Herni tarafı testiste ölçülen VI değerlerinin karşılaştırılması.....	46

1.GİRİŞ ve AMAÇ

İnguinoskrotal bölge hastalıklarının çoğunluğu ilk yaşlarda bulgu vermekte olup bu bölgenin operasyona gerek duyulan hastalıklarının görülme sıklığı küçük yaşlarda daha yüksektir. Yenidoğanda %3-5 civarında, prematürelde ise %30'a kadar görülebilmektedir (1). İnguinal herni %0.8-4.4'lük bir prevalansla pediatrik cerrahide en sık karşılaşılan tanılardan biridir (2). Yapılan araştırmalarda erkeklerde görülme sıklığı oldukça yüksektir (5:1). İnguinal herni çocuklarda neredeyse tamamen indirekt tipte görülmekle birlikte (3), erişkinlerde direkt ve indirekt tip görülmektedir (4). Çocuklarda indirekt inguinal herninin erişkinlerde olduğu gibi fasyal bir defektten ziyade, patent prosessus vaginalis (PPV) indirekt inguinal herni gelişimi için bir risk faktörüdür(5). Hem persistan düz kas hücreleri hem de genitofemoral sinirden kalsitonin geni ile ilişkili peptidin (CGRP) yetersiz salınımı processus vaginalisin başarısız obliterasyonunda rol oynamaktadır (6). Fetal hayatta sağ testis skrotuma soldan daha geç iner ve term çocuklarda hem patent prosessus vaginalis hem de indirekt inguinal herniler sağ tarafta daha sık görülmür. Prematüre çocuklarda ise, bilateral fitıklar daha sıktır (7). Bununla birlikte, anulus inguinalis profundus düzeyinde daha geniş bir açıklığın herniasyonu kolaylaştıracağı muhtemel görülmektedir. İnguinal herniler bağ doku hastalıkları bulunan çocuklarda da yaygın olarak görülmekte olup bağ doku hastalıkları da etyolojide suçlanmaktadır (8). Sık görülen bir patoloji olması nedeniyle tanı, pre-operatif ve post-operatif yaklaşım, tedavi modaliteleri oldukça önem arz etmektedir. Çocuklarda, özellikle 1 yaş altı çocuklarda yeterli anamnez alınamaması, klinik muayeneye uyum sorunu gibi durumlardan dolayı inguinal hernilerin tanısı zorlaşmaktadır. Tanıda geç kalınması da beraberinde herniye bağlı herni kesesinde inkanserasyon, strangülasyon, kese içeriğinde barsak ansları ve diğer abdominal yapıların bulunmasına göre perforasyon gibi birtakım komplikasyonlara neden olmaktadır. Ayrıca indirekt inguinal hernilerde spermatik korda ve testiküler vasküler yapılara herni kesesi mekanik bası yaparak testis atrofisine de sebep olabilmektedir. Herni operasyonlarında intraoperatif ve sonrasında postoperatif dönemde testisi etkileyebilecek durumlar; operasyon sırasında testisküler vasküler yapıların yaralanması, kord yaralanması veya iç halkanın sıkı bir şekilde bağlanarak testis kanlanmasının bozulması gibi komplikasyonlar da görülebilmektedir. Son yıllarda geliştirilen yeni nesil Renkli

Doppler Ultrasonografi (RDUS) yöntemi olan Superb Microvascular İmaging (SMI) kolay tekrarlanabilen bir Ultrasonografi (USG) modalitesidir. Diğer doppler tekniklerine nazaran özellikle küçük çaplı damarlar ve düşük debili akımların bulunduğu testis gibi yapıların vasküler yapılarını göstermede SMI üstün bir görüntüleme tekniğidir. Shear wave elastografi (SWE) ise doku elastikiyetini değerlendirmektedir. Bu çalışmamızda, unilateral indirekt inguinal hernisi olan çocuklarda SMI ve SWE modaliteleri kullanılarak preoperatif ve postoperatif 1.,3.,6. aylarda herni tarafındaki testisin ve karşı sağlam taraftaki testisin doku elastikiyeti, kanlanması açısından kendi içerisinde değişimi ve her iki testisin elde olunan değerlerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır.



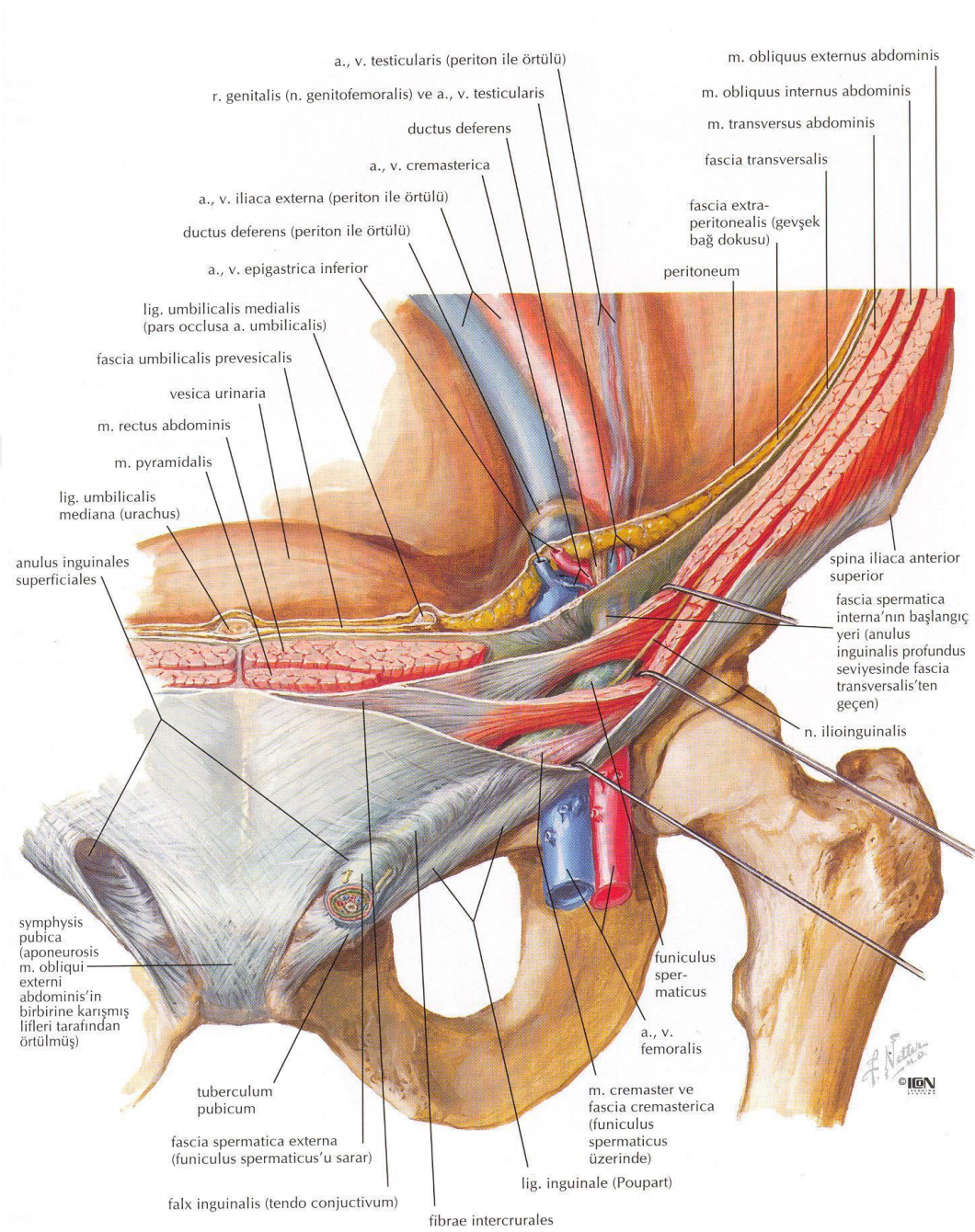
2. GENEL BİLGİLER

2.1. İnguinal Kanal

2.1.1. İnguinal Kanal Anatomisi

İnguinal kanal, karın duvarındaki kas ve aponevrotik yapılarının birlikte meydana getirdikleri oblik bir kanaldır (**Şekil 1**). Başlangıcı anulus inguinalis profundus olup anulus inguinalis superficialisde sonlanmaktadır. Kanalın üst ucu anulus inguinalis profundus, fasya transversaliste normal olarak kabul edilen bir defektir. Anulus inguinalis superficialis, eksternal oblik kasın aponevrozundan üçgen bir açıklıktır. Halkanın kenarlarını eksternal oblik kasın superior ve inferior krusları oluşturmakta olup daha sonra bu yapılar bir araya gelip interkrural lifler tarafından güçlendirilmektedir. Kanalın ön duvarının medial kısmını eksternal oblik kasın aponevrozu, lateral kısmını ise internal oblik kas yapmaktadır. Tabanını inguinal ligaman ve lakunar ligaman oluşturur. Tavanını obliquus internus kasının alt kenarı ile transversus abdominis kasının aponevrotik arkusu oluşturur (**Şekil 2**). Bu kaslar lateralde spermatik kordun önünde bulunurken medialde kordun arkasına geçmektedir. Bu sebeple kaslar medialde daha güçlü, lateralde ise sadece fasya transversalis bulunduğu için daha zayıftır (9). İnguinal kanal boyu erkeklerde biraz daha kısa olup 3.5- 4 cm, kadınlarda ise erkeklere oranla daha uzun olup 4- 5 cm'dir. Çocuklarda ise inguinal kanal erişkinlere göre daha kısadır. İki yaş altı çocuklarda anulus inguinalis profundus ile anulus inguinalis superficialis çok yakın durmakta olup neredeyse üst üste görünümündedir. İnguinal kanal içerisinde erkeklerde funiculus spermaticus (spermatik kord) bulunmakta olup içerisinde bulunan yapılar; duktus deferens, arteria spermatica interna (testiküler arter), arteria duktus deferens, arteria spermatica eksterna (kremasterik arter), nervus genitofemoralisin genital dalı, nervus ilioinguinalis ve hipogastrik pleksusun sempatik dalı bulunur (10). Ayrıca üç fasya tabakası bulunmaktadır (eksternal spermatik fasya, internal spermatik fasya ve kremasterik fasya). Spermatik kord da venöz yapı olarak ise venöz pleksus olan pleksus pampiniformis bulunmaktadır (11). Proessus vaginalis, fetal hayatta testis'in skrotuma inişi sırasında, testise eşlik eden peritoneal oluşumdur. Çocuklarda proessus vaginalis'in kapanmasının gecikmesi veya kapanmaması durumunda indirekt inguinal herni gelişiminde önemli rol oynamaktadır (8). Kadınlarda inguinal

kanaldan geçen yapılar ise; ligamentum teres uteri(round ligament), genitofemoral sinir, kremasterik vasküler yapılar ve ilioinguinal sinir bulunmaktadır.

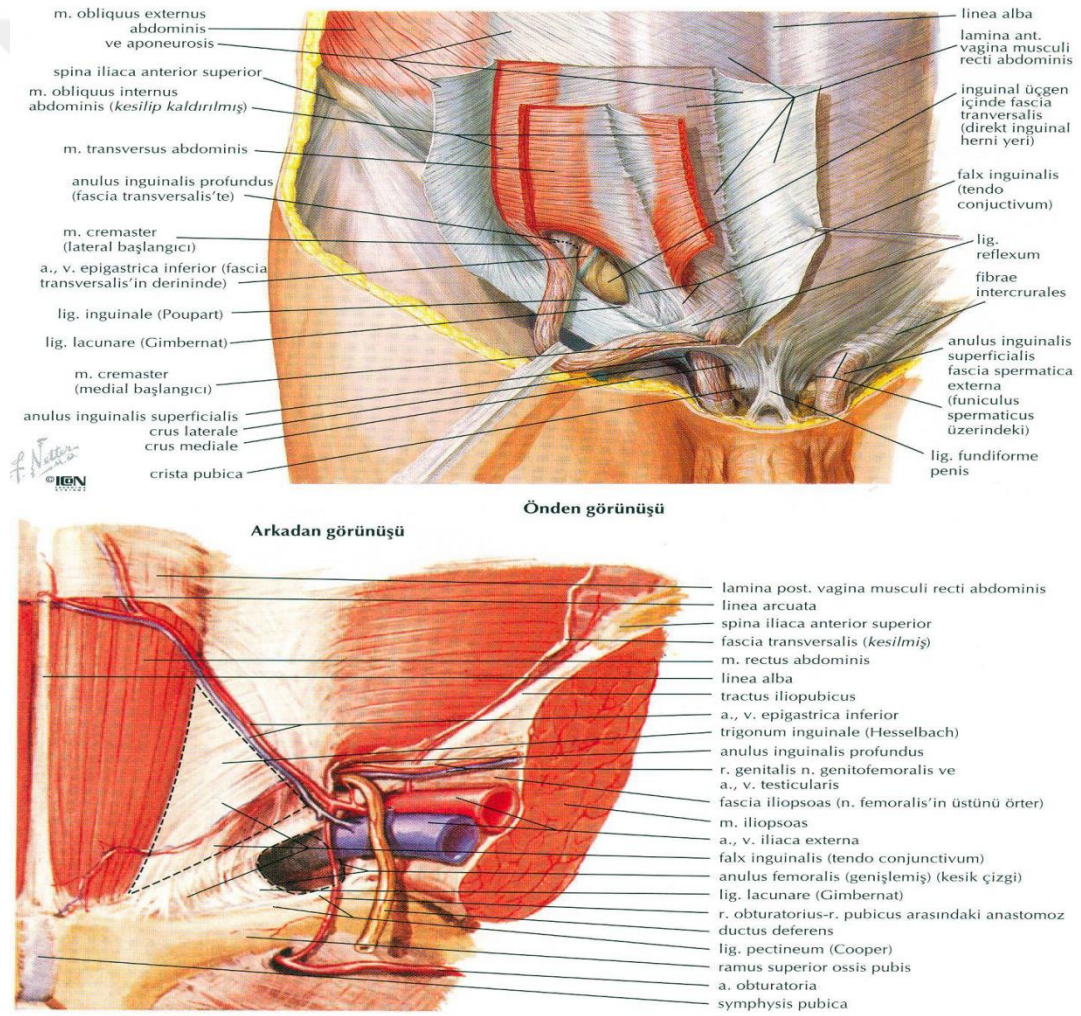


Şekil 1: İnguinal kanal anatomisi (12)

2.1.2. İnguinal Kanal Fizyolojisi

İnguinal bölgeyi herni oluşumuna karşı destekleyen iki önemli mekanizma bulunmaktadır. Birincisi; transvers fasya ve internal oblik kasın anulus inguinalis

profundusta oluşturduğu huni benzeri daralmadır. Bu yapı sfinkter fonksiyonu göstermekte olup transversus abdominis kasının kasılmasıyla beraber internal oblik kasın muskuler sınırında iç halkayı kapatmaktadır. Bu düzeneğe transvers fasyal sling veya askı mekanizması da denilmektedir (11). Bu oluşum anulus inguinalis profundusun medial ve alt kenarını kuvvetlendirmekte olup transversus abdominis kasına bağlanmaktadır. Transvers adeste kasıldığında askıyı yukarıya ve laterale çeker. Bu hareketle birlikte halkanın kordon yapılarına sıkı bir şekilde sarılmasına ve iç oblik kasın arkasına doğru itilmesine neden olmaktadır. Bu mekanizmanın tam olarak işlem görebilmesi için transvers fasya ve bağlantılı yapılar, internal ve eksternal oblik kaslardan bağımsız şekilde hareket edebilmelidirler.

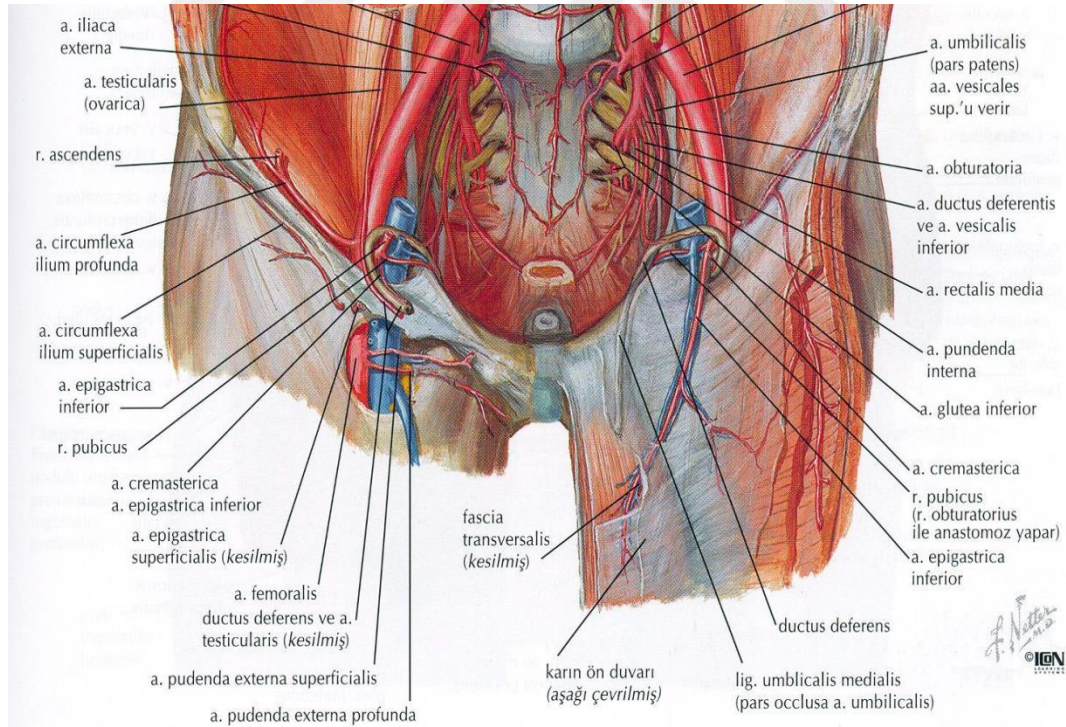


Şekil 2: İnguinal kanalın anterior ve posteriordan görünümü (12)

Bu düzeneğin bozulmasına sebebiyet veren cerrahi girişimler sfinkter mekanizmasını bozmaktadır. İkinci mekanizma ise; inguinal kanalı kapatan transvers kasın aponevrozunun kepenk hareketidir. Bu yapı transversus abdominis ve internal oblik kasların eş zamanlı kasılmasıyla birlikte inguinal ligaman ve iliopubik yol etrafına doğru hareket eder. Bu durum ise arka duvarı kuvvetlendirmektedir. Anlatılan bu düzeneklerin ortadan kalkması herni oluşumunda önemli rol almaktadır.

2.1.3. İnguinal Bölge Arterleri

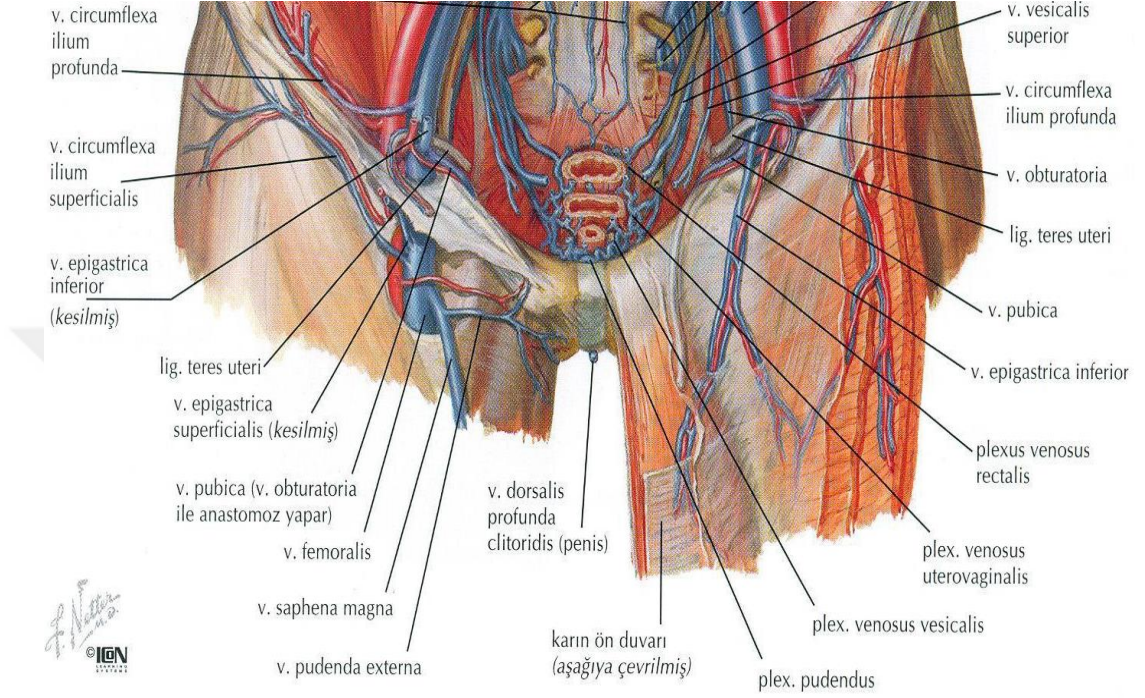
İnguinal bölgede arteriyel yapılar anatomik yerleşimlerine bağlı yüzeysel ve derin arteriyel dolaşım olarak incelenmektedir. Yüzeysel arterler yapılar subkutanöz yağlı doku içerisinde bulunmaktadır. Derin yerleşimli olanlar internal oblik kası ve transversus abdominis kası arasında bulunmaktadır. İnguinal bölgeye dağılan yüzeysel arterlerin çoğu arteria femoralisten çıkmaktadır (9). Derin yerleşimli arterleri; arteria epigastrica inferior ve direkt aortadan çıkış gösteren arteria testikularis ve arteria ovarikadır (Şekil 3).



Şekil 3: İnguinal bölge arterleri (12)

2.1.4. İnguinal Bölge Venleri

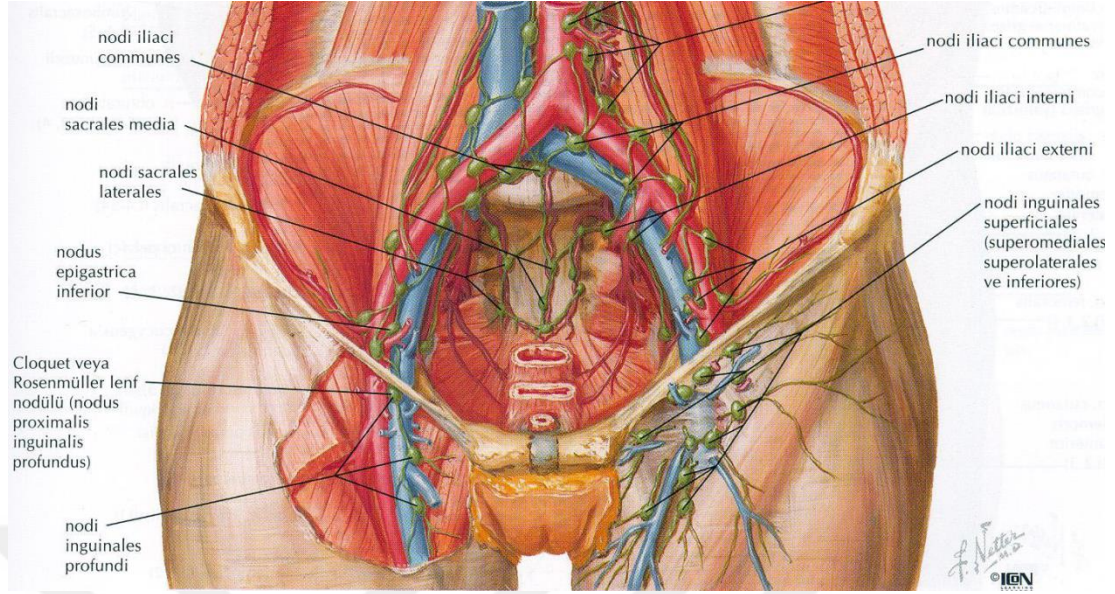
İnguinal bölgenin venleri ise arterlere eşlik etmekte olup femoral vene dökülmektedir. İnférieur epigastrik ve derin sirkumfleks iliak venler farklı olarak eksternal iliak vene dökülmektedir(12) (Şekil 4).



Şekil 4: İnguinal bölge venleri (12)

2.1.5. İnguinal Bölge Lenfatikleri

İnguinal bölgenin lenf nodları üç grupta incelenmektedir. Birincisi yüzeysel fasya ve fasya lata arasında yerleşim gösteren yüzeysel lenf nodlarıdır. Yüzeysel lenf nodları inguinal ligamanın alt ve üst kısmını yerleşmişlerdir. İkincisi fasya latanın arkasında yerleşim gösteren derin lenf nodlarıdır. Bunlardan en büyüğü Clouquet lenf nodudur, femoral ven ile laküner ligaman arasında yerleşim göstermektedir. Bu noda metastaz kötü prognoza işaret etmektedir. Üçüncüsü inguinal kanalda bulunan aberran lenf nodlarıdır. Alt ekstremiteler, infraumbilikal abdominal duvar, perine, anal kanal, erkekte penis ve skrotum, kadında labial bölgenin lenfatik drenajı yüzeysel lenf nodlarıdır. Glans penis ve klitoris lenfatik drenajı derin lenf nodlarına olur (10) (Şekil 5).

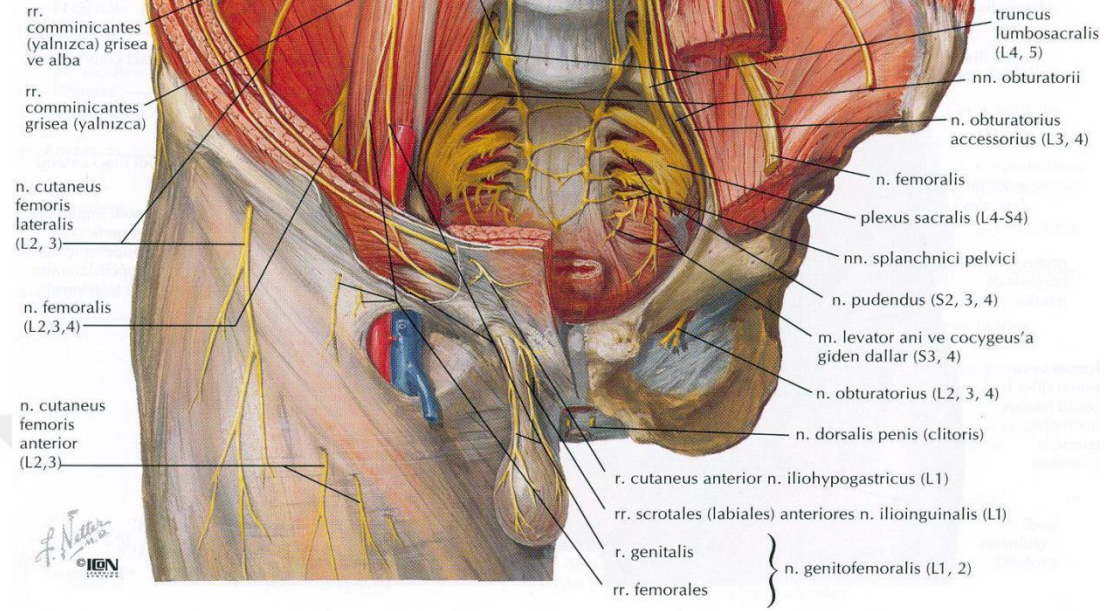


Şekil 5: İnguinal bölgenin lenfatik drenajı(12)

2.1.6. İnguinal Bölge Sinirleri

İnguinal bölge derisinde innervasyon yapan sinirler nervus interkostalislerin dalıdır ve nervus interkostalislerin uç dalları inguinal bölgede sonlanmaktadır. Lomber pleksustan inguinal bölgenin derin sinirleri çıkış göstermektedir. Derin sinirlerden iliohipogastrik, genitofemoral ve ilioinguinal sinirlerinin genital dalları inguinal bölgede cerrahi yapılırken dikkat edilmesi gereken sinirlerdir. Populasyonun yaklaşık %25'inde birleşerek devam eden iliohipogastrik ve ilioinguinal sinirler inguinal bölgenin deri duyusunu, penis kök kısmını ve karın bölgesinin üst iç bölümünün duyuşal inervasyonunu sağlamaktadır. T12-L1'den çıkan bu sinirlerin uzanımı insandan insana varyasyon gösterebilmektedir (13). İlioinguinal sinirin en sık görülen lokalizasyonu spermatik kord üzerinde seyri olup bunun mevcut populasyonun sadece %60'ında gözlenmektedir. Kremaster kasının içinde veya arkasında bulunabilmektedir. Bir diğer önemli husus ise ilioinguinal sinirin eksternal oblik kas aponevrozunun alt kısmına yapışma varyasyonu da gösterebildiği için fitik cerrahisi sırasında aponevroz diseke edilirken sinir yaralanması açısından dikkatli olunmalıdır. Nervus genitofemoralisin genital dalı 1. ve 2. lomber sinir orjinli olup hem motor hem duyuşal lifler içermektedir. Kremaster kasını, skrotumu ve

labiumun derisini innerve etmektedir. İnguinal kanalda iliopubik yol üzerinde yer almaktadır. Ayrıca ilioinguinal sinirin innervasyonunun bozulduğu durumlarda onun görevini üstlenmektedir (Şekil 6).



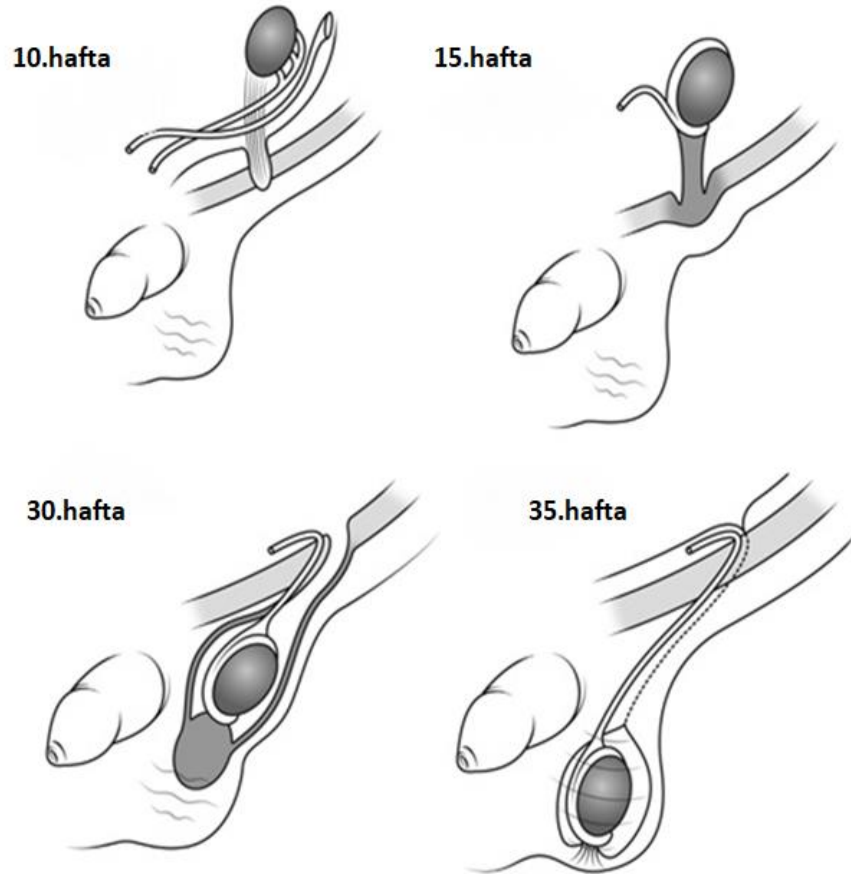
Şekil 6: İnguinal Bölge sinirleri (12)

2.2. Testis

2.2.1. Testis Embriyolojisi

Genetik ve kromozomal cinsiyet oositi döleyen sperm fenotipine bağlı olarak fertilizasyonda belirlenir. Daha sonra fertilizasyonun 3. haftasında mezonefronun önünde ve krainalde sölom epiteli kalınlaşır, gonadal köşeleri oluşturur (14). Primordial germ hücreleri barsak mezenteri dorsali boyunca ilerler, beşinci haftada primitif gonadlara ulaşır. 6. Haftada genital kıvrımlara yerleşim göstermektedir ve fetal gonad ortaya çıkmış olur (15). Fetal hayatta Y kromozomunun kısa kolundaki testisi belirleyen faktörlerin oluşumu için SRY (sex-determining region Y linked) geni farklılaşmamış gonadların testis olarak gelişmesinde anahtar rol oynar. Testis olarak farklılaşan gonadlarda önce sertoli hücreleri oluşmaktadır. Sertoli hücreleri, yaklaşık 48. gün civarı Anti Müllerian Hormon (AMH) salgılamaya başlar ve müllerian yapıların regresyonunu yol açar. Daha sonra testiste leydig hücreleri gelişerek, 8. haftadan sonra testesteron salgılamaya başlarlar. Testesteron Wolfian

kanaldan epididim, seminal vezikül ve duktus deferens gelişimini sağlamaktadır (16). Başlangıçta lomber bölgede olan testisler üçüncü aydan itibaren skrotuma doğru inmeye başlarlar. Transabdominal evre androjen bağımsızdır, AMH etkisiyle iniş gerçekleşir. Testisler karın arka duvarı boyunca inmeye devam eder, 17. haftada anulus inguinalis profundus hizasına gelir ve 28. haftaya kadar burada kalır. İnguinoskrotal evrede ise testis inguinal kanal içerisinden karın ön duvarını geçer ve skrotuma iner. Proessus vaginalis fetal hayatın 3. ayında peritoneal bir cep olarak gubernakulum boyunca inguinal kanala uzanmaktadır. Gubernakulum migrasyonunun mekanizması tam olarak bilinmemekle birlikte genitofemoral sinirden salınan CGRP'nin sorumlu olduğu düşünülmektedir. Testisler inguinal kanaldan geçip skrotal keseye inerken ve sonrasında da proessus vaginalis katlantısı ile sarılırlar. Skrotuma iniş 35. Hafta civarında tamamlanmakta (**Şekil 7**) ve inguinal kanaldaki proessus vaginalis büyük oranda oblitere olmaktadır (17). Androjenler, gubernakulum, epidermal büyüme faktörü, CGRP, nervus genitofemoralis ve abdominal basıncın inguinoskrotal inişte rol aldığı düşünülmektedir (18).

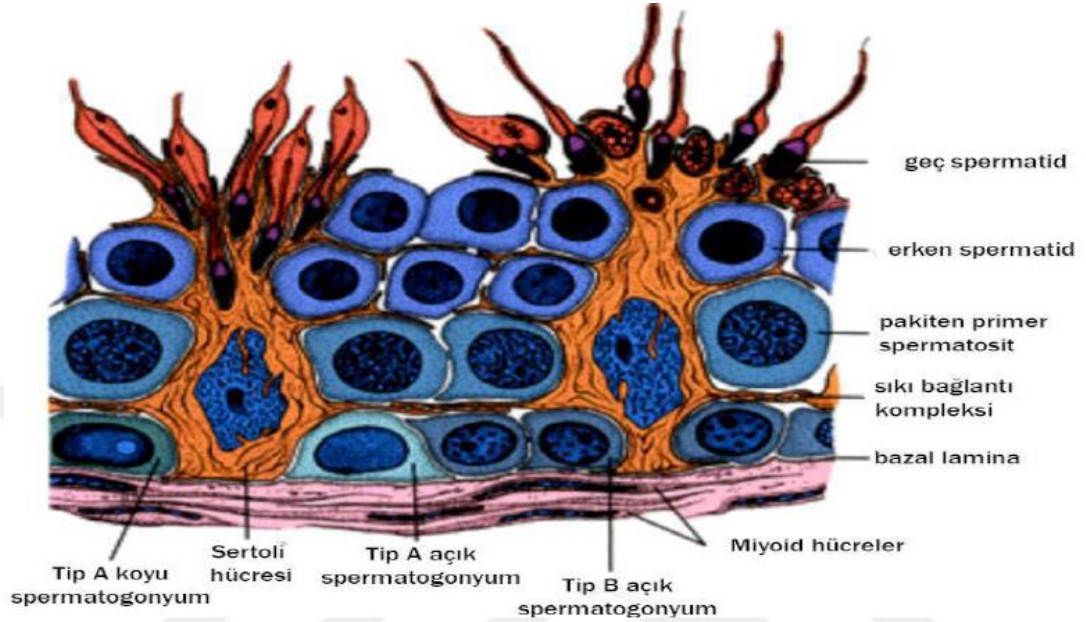


Şekil 7: Testisin skrotuma inişinin şematizasyonu (19).

2.2.2. Testis Histolojisi

Testisler endokrin ve ekzokrin fonksiyonları sayesinde, fetal dönemde androjenlerin üretiminde, pubertede testesteron ve sperm üretimi ile sekonder seks karakterlerinin oluşmasında, erişkin hayatta ise sperm üretimiyle sekonder seks karakterlerinin korunmasında görev alırlar (20). Testisler tunika vaginalisin alt tarafında yer alan sıkı bağ dokusu tunika albuginea ile sarılmıştır. Tunika albuginea testislerin arka tarafında kalınlaşarak mediastinum testisi oluşturmaktadır ve testisin içine giren fibröz uzantıları ile bezi testiküler lobüller olarak adlandırılan ve birbirleriyle bağlantılı olan ortalama 250 bölmeye ayırmaktadır. Bu lobüler yapıların her birinde interstisyel hücreler olarak adlandırılan leydig hücreleri ve sayıları 1-4 arası değişen seminifer tübül bulunmaktadır. Seminifer tübüllerin görevi ise erkek üreme hücreleri olan spermatozoonları üretmektir. Leydig hücrelerinin başlıca görevi androjenleri üretip salgılamaktır (20). Seminifer tübüller, dışta miyoid hücrelerini de içeren bağ dokusu tarafından çevrelenen belirgin bazal membran ile interstisyumdan ayrılır. Seminifer tübüllerin uzunlukları ortalama 30-60 cm civarında olup germ hücrelerini ve sertoli hücrelerini içerir (**Şekil 8**). Erişkin bir testisteki sertoli hücreleri bölünme yeteneklerini kaybetmiş olup seminifer tübüllerin bazal kısmından lümene doğru uzanım gösteren destek hücreleri olarak görev almaktadırlar. Sertoli hücreleri, seminifer tübüllerin hücresel yapısının yaklaşık %10-15'ini oluşturmakta olup hücre çekirdekleri düzensiz şekilli ve belirgin büklümlüdür (21). Bununla birlikte belirgin nükleolusları ile germ hücre elemanlarından ayrılmaktadırlar. Pubertede sertoli hücreleri arasında oldukça sıkı bağlantı kompleksleri oluşmaktadır. Bu komplekslerin ana görevi kan testis bariyerini oluşturmaktır (21). Germ hücreleri olgunlaşmasını ortalama 64 günde tamamlayan ve çoğalma özelliğine sahip hücrelerdir. Bazal membrana oturan spermatogoniumlar, kök hücre olan spermatogonium A ve mitoz bölünerek lümene doğru göç eden ve primer spermositlere dönüşen spermatogonium B olarak ikiye ayrılırlar. Primer spermositler mayoz bölünme gösterir ve sekonder spermositleri oluşturur. Daha sonra oluşan sekonder spermositler ikinci mayoz bölünmeyle haploid spermatidlere

dönüşmektedir. Son aşamada ise haploid spermatidler olgunlaşarak spermatozoonları oluştururlar (22).

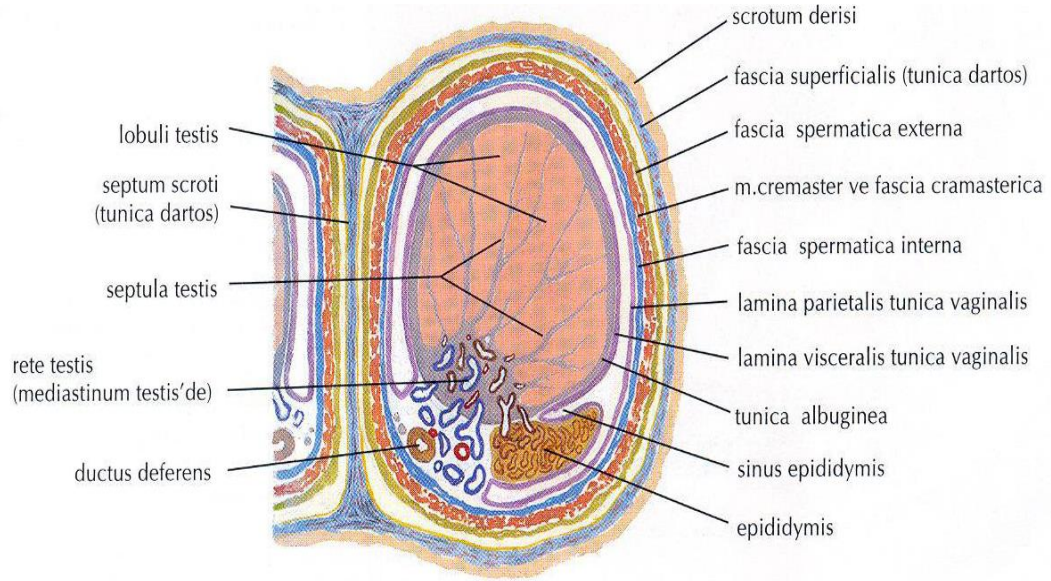


Şekil 8: Seminifer tübülün şematik gösterimi(23)

2.2.3. Testis Anamatoisi

Testis puberteye kadar olan dönemde belirgin büyüme göstermemekte olup, uzun aksı 13 yaş civarında 3-4 cm'ye kadar ulaşmaktadır. Bebeklerde ortalama testis boyutları 16x14 mm civarındadır(24) . Testisi çevreleyen 3 tabaka bulunur; tunika vaskülosa, albuginea ve vaginalis. Anterolateral 2/3 bölümü serbest bulunurken, posterolateral bölümde ise bağ dokusu, epididim ve damarlarla örtülüdür. Tunika albuginea kollajen ve fibroblasttan yoğun bir yapıdır. Testisin arkasında kalınlaşır, kranioposterior kısmı mediastinum testis olarak isimlendirilir ve buradan seminal taşıyıcılar çıkar (25). Altında ise daha gevşek bağ dokusu yapısında, vasküler bir tabaka olan tunika vaskülosa yer almaktadır. Tunika albugineanın iç yüzü kaynaklı fibröz septalar testisi yaklaşık 200-250 adet, piramitimsi lobüllere ayırır. Herbir lobülün içerisinde birkaç adet seminifer tübül bulunur (12). Seminifer tübüller, rete testis adlı kanal ağına açılmaktadır. Tunika albuginea'nın üzerinde peritoneal uzantı olan tunika vaginalis yer almaktadır. Tunika vaginalisin visseral ve pariyetal 2

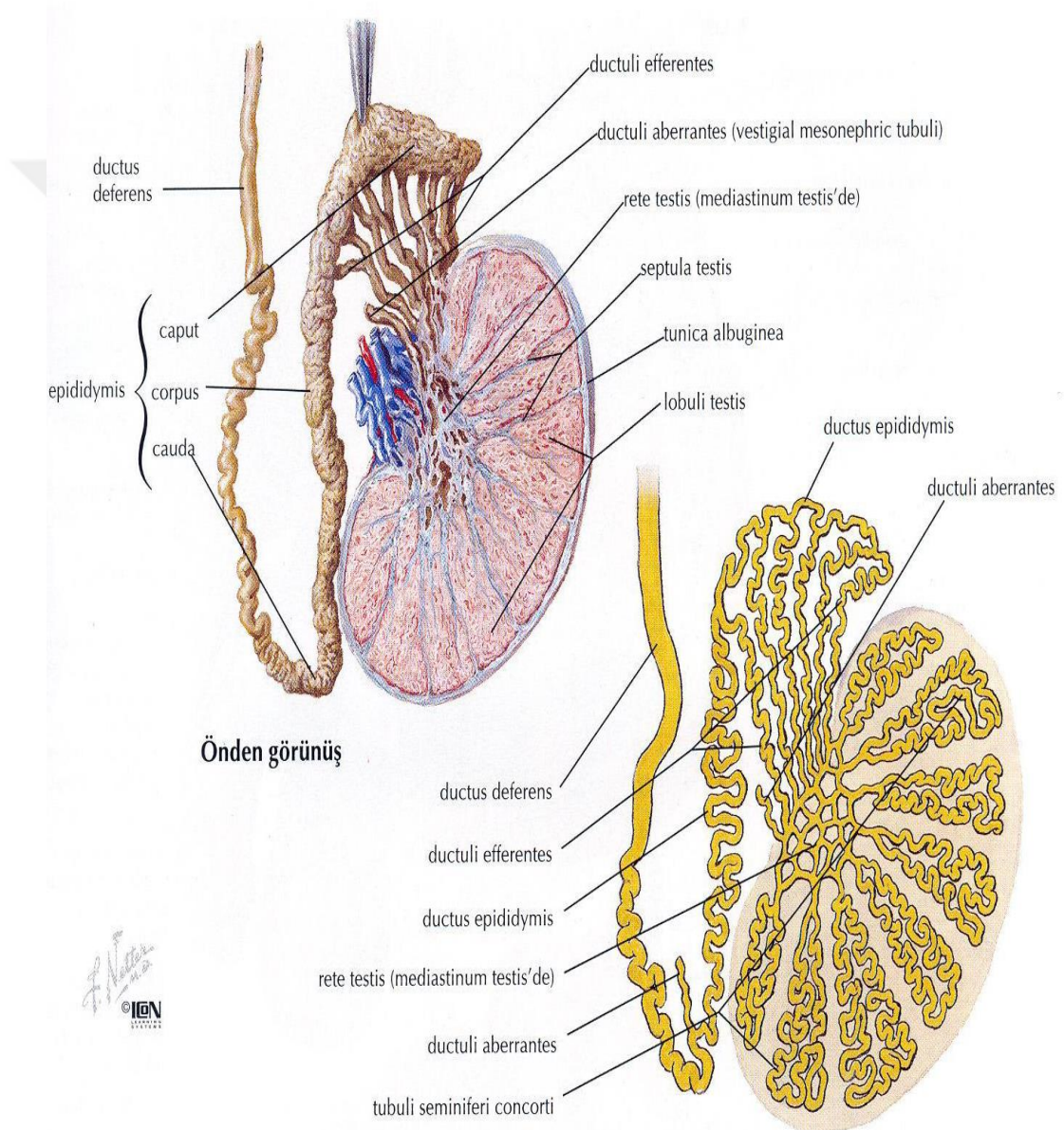
katmanı vardır. Bu katmanlar arasında fizyolojik sınırlarda seröz sıvı bulunmakta olup bu sıvının artış göstermesine hidrosel denir (26). Visseral tabaka tunika vaginalisin testisi örten iç taraftaki kısmıdır. Dışta kalan paryetal tabaka ise fasya spermatika internaya yapışan kısmıdır (27). İnternal spermatik fasya transversal fasyadan, kremaster kası internal oblik kasdan ve eksternal spermatik fasya eksternal oblik kastan oluşmaktadır (28). Bunun dışında da tunika dartos ve cilt yer almaktadır (Şekil 9, 10).



Şekil 9: Transvers keside testis anatomisi(29)

Tunica albuginea kalın ve sert bir tabaka olup içinde çok sayıda düz kas hücresi mevcuttur. Düz kas hücreleri otonom inervasyon sonrası spermilerin efferent duktuslara doğru hareketine yardımcı olur (30). Testiküler lobüllerin iç yüzünü tunika vasküloza örter. Her lobülde seminifer tübül ve sentrifugal arter bulunmaktadır. Seminifer tübüller ise iki ucu rete testiste sonlanan ‘V’ görünümünde tübüllerdir. Erişkin bir testiste ortalama 600-1200 seminifer tübül bulunur (29). Rete testis 8-12 efferent kanalın birleşmesi ile oluşmakta olup testiküler sıvının ve spermatazoaların epididim baş kısmına aktarılmasında görev almaktadır. Epididim şematik olarak virgüle benzemektedir. Testisin superiorunda ve posterolateral yüzeyinde bulunmaktadır. Superior kesimine epididim başı denilmektedir. Epididim başı efferent kanalların sarılı uçlarının oluşturduğu epididim lobüllerinden oluşmaktadır. Epididim gövdesi ise epididim kanallarından oluşur. Buraya gelen

spermiler depolanarak son gelişme evrelerini tamamlarlar. Epididimin kuyruk kısmı spermeleri ejakülatör kanala ileten duktus deferensle devamlılık göstermektedir. **(Şekil 10)**. Duktus deferens spermatik kord yapıları içerisinde ilerleyip inguinal kanaldan geçer. Eksternal iliak damarları , üreteri çaprazlayarak seminal vezikül kanalı ile birleşir ve ejakülatör kanalı oluşturur. Lenfatik drenaj ise interlobüler alandan başlayan 4-8 arası lenf damarının kord içinden geçerek paraaortik, paraaortokaval ve perikaval lenf nodlarına drenajıyla sağlanır (25).

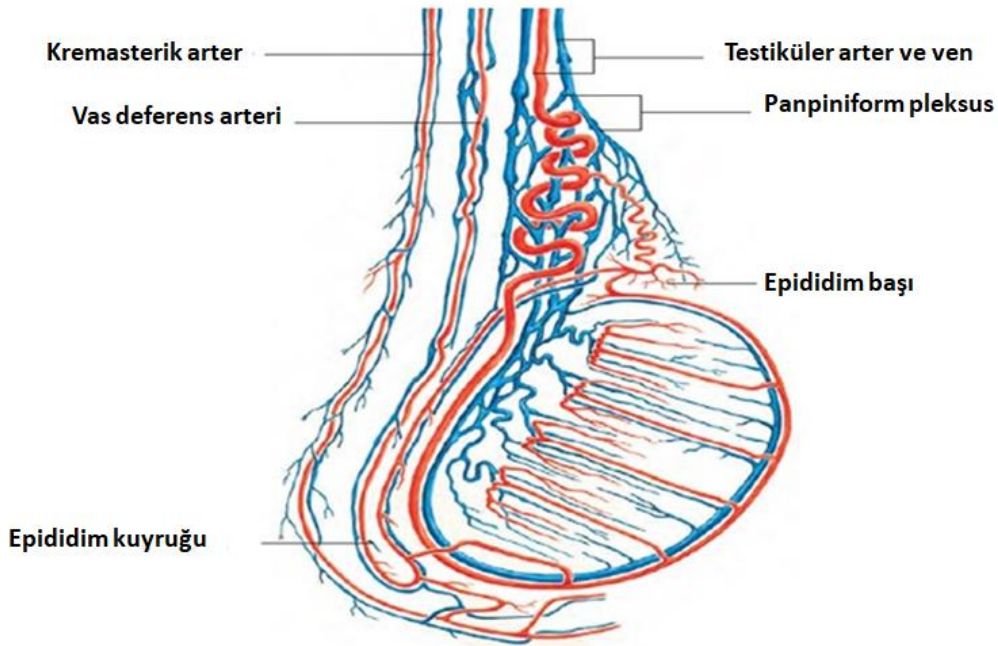


Şekil 10: Testis, epididim ve diğer testiküler kanalların vertikal görünümü (31) .

Testisin parasempatik inervasyonu nervus vagus tarafından sağlanmaktadır. Sempatik inervasyon T10-11 segmentinden çıkış gösteren postganglionik, visseral afferentlerin arteria testicularis çevresindeki pleksuslar vasıtasıyla testise ulaşmasıyla sağlanmaktadır.

2.2.3.1. Testisin arteriyal anatomisi ve kanlanması Testisler üç ayrı arteriyal sistem tarafından kanlanmaktadır.

Testiküler arter; İnternal spermatic arter olarak da isimlendirilmekte olup testiküler kan akımının 2/3'ünü karşılar. Testiküler arter abdominal aortanın infrarenal segmentinden çıkış gösterir, üreter ve eksternal iliak arterin alt kısmını çaprazlar inguinal kanala girerken anulus inguinalis profundus düzeyinde spermatic korda katılır. Spermatic kordda internal spermatic fasya içinde seyreder, skrotal seviyede dallanma gösterir ve epididimal dalları verir. Testis orta polde posteriordan tunika albugineayı oblik geçerek testise girer. Testisin metabolik durumuna göre kan akışı değişkenlik gösterir. İnternal spermatic arter olarak testise girdikten sonra dallanır ve üst polde end arter özelliği gösterir ve sonlanır. Alt polde kremasterik ve deferansiyel arterlerle (32), üst polde ise deferansiyel arterle anastomoz yapmaktadır(Şekil 11).



Şekil 11: Testisin arteriyal ve venöz anatomisi(31).

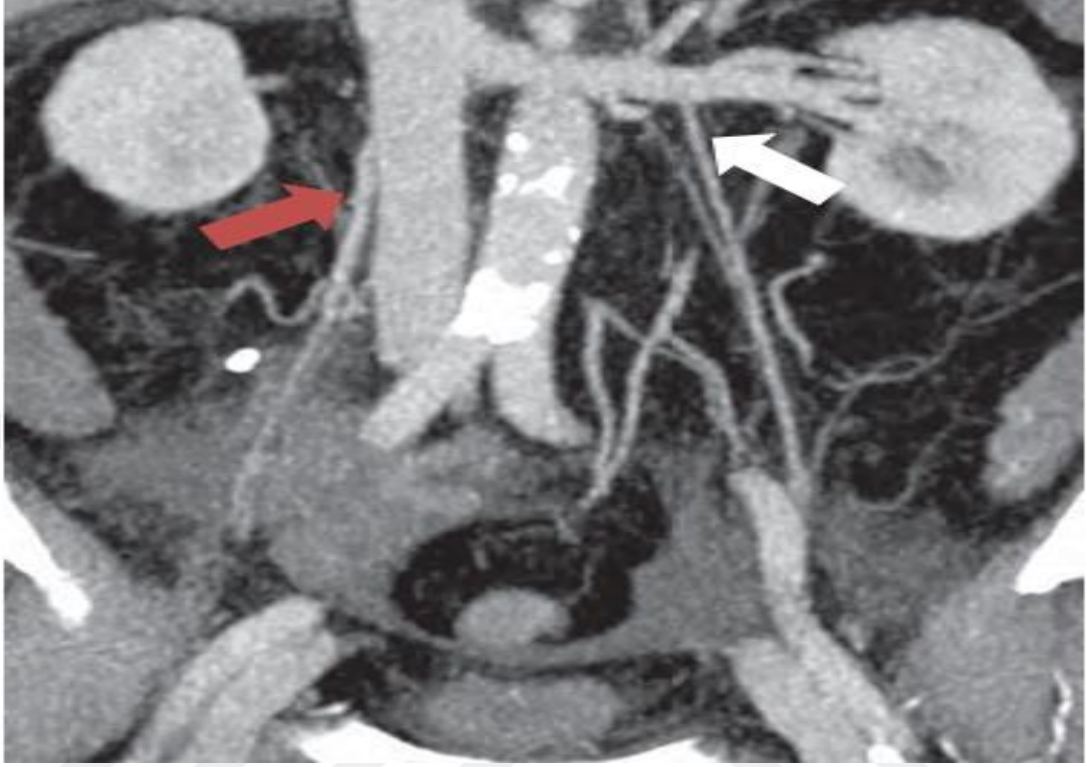
Deferansiyel arter; Bir diğerk adıyla vazal arter, kremasterik arter ile birlikte testiküler kanlanmanın 1/3'ünü karşılamaktadır. İnternal iliak arterin uç dalı olan vezikalis superior veya vezikalis inferior arterlerinden çıkış göstermektedir. Vaz deferens ve epididimin bir kısmının beslenmesini sağlar. Daha sonra internal spermatic arterle anastomoz yapmaktadır. İnternal spermatic arterin kan akımı bozulduğunda, kremasterik arterin katkısıyla testis kan akımını artırarak regulasyon sağlanmakta olup bu regulasyon testis atrofisini önlemede yeterli olmakla birlikte spermatogenez için yeterli olmayabilir. Kremasterik arter; esas olarak tunika vaginalisi beslemektedir. Eksternal iliak arterin dalı olan epigastrika inferior'dan anulus inguinalis profundus düzeyinde ayrılır. Testiste mediastinum düzeyinde deferansiyel ve internal spermatic arterlerle anastomoz yapmaktadır. Tunika vaginalisin üzerinde sonlanmaktadır.

2.2.3.2. Testisin venöz anatomisi ve drenajı

İnternal spermatic ven; İnternal testiküler ven olarak da bilinir ve internal spermatic artere eşlik eder. Solda renal vene yaklaşık 90 derece açıyla dik şekilde, sağda ise vena cava inferiora (VCI) oblik şekilde açılmaktadır (**Şekil 12**). İnce duvarlı ve musküler tabakası zayıf olduğu için yavaş akıma meyillidir, solda daha yüksek konumu ve sol testisin sağa göre daha aşağı pozisyonu nedeniyle sağa göre ortalama 8-10 cm daha uzundur. VCI'nin sol renal vene göre daha hızlı akış gücüne sahip olmasından dolayı sağ testiküler drenajın sola göre daha güçlü olduğu düşünülmektedir. Deferansiyel ven ise vas deferense eşlik etmektedir. Süperior veya inferior vezikal venlerle internal iliak vene drene olur. Kremasterik ven; Spermatic kordun posteriorunda yer almakta olup, anulus inguinalis süperficialis düzeyinde yüzeysel ve derin inferior epigastrik venlere, ek olarak da derin pudental venler yoluyla eksternal iliak vene açılım göstermektedir. Gubernakular ven; eksternal iliak vene safen ven yoluyla dökülmektedir.

Pleksus pampiniformis; testis içindeki küçük venler, yüzeysel venlere ve rete testis düzeyinde hiler venlere açılmaktadır. Testis ve epididimden kaynaklanan venler, mediastinumdan testisten çıkar ve duktus deferensin ön kısmında ve testiküler arter çevresinde 10-12 venden oluşan bir grup halinde anastomoz yapan ven grubu olarak pleksus pampiniformisi oluşturur. Pleksus pampiniformisteki

vasküler yapılar bazı alanlarda sadece damar duvarlarının kalınlığıyla ayrılan karşılıklı arter ve venlerle, ısı ve küçük moleküler yapıların değişimini kolaylaştırmaktadır.



Şekil 12: Koronal BT kesitinde; Sağ testiküler ven VCI'ye daha oblik açılırken (kırmızı ok), sol testiküler ven sol renal vene daha dik açılmaktadır (beyaz ok).

Spermatik kordda, ısının arter ven arasında karşılıklı akımla olan değişimi, rektal ısıdan yaklaşık 2-4°C daha düşük olan testise kan akımı sağlayarak ısı regülasyonuna katkıda bulunmaktadır. Plexus panpiniformis ile skrotal duvarın ve epididimin drenajını sağlayan deferensiyel venöz sistem ve kremasterik plexus arasında, inguinal kanal ve skrotum düzeyinde anastomozlar mevcuttur. Plexuslar tekrardan aralarında birleşim göstererek venleri oluşturmaktadır. Bu durum sayesinde deferensiyel ve kremasterik gruplar, internal spermatik ven grubunun ligasyonunu takiben venöz dönüş için kollateral yolları sağlamış olur (33).

2.3. Kullanılan Görüntüleme Modaliteleri

2.3.1. Sonoelastografi

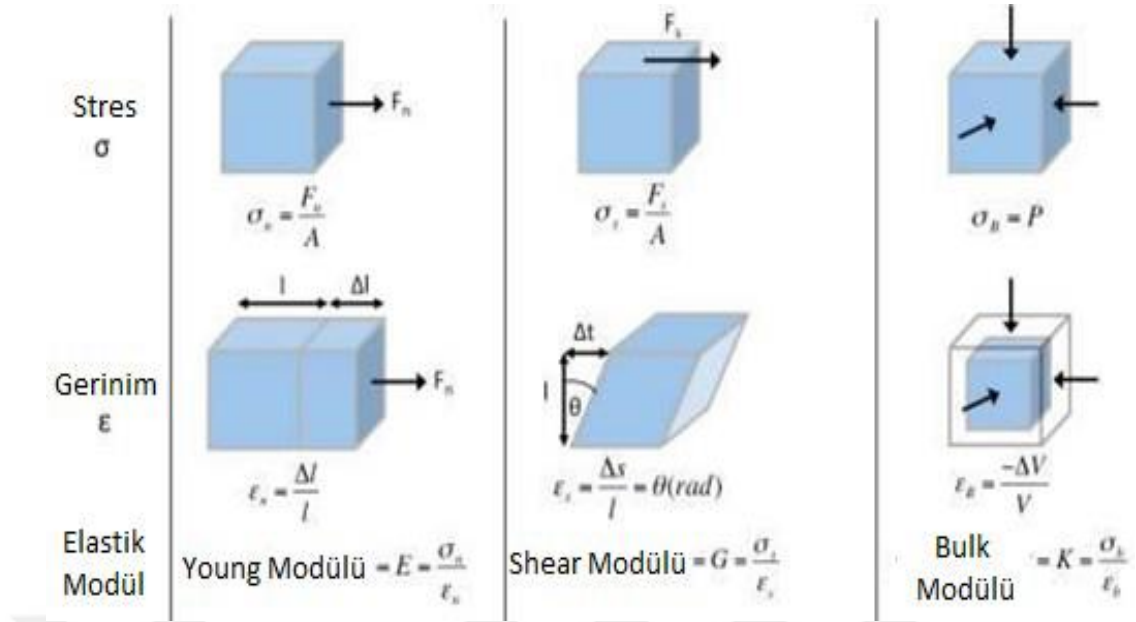
Konvansiyonel USG yöntemleriyle incelenen lezyonların morfolojik bulguları belirlenirken, 2000'li yıllardan sonra kullanıma giren sonoelastografi (SE) tekniği lezyonların içyapısının da ayrıntılı incelenebilmesine olanak sağlamaktadır. Elastografi tanım olarak incelenen dokunun uygulanan kuvvete karşı deformasyon derecesini, elastikiyetini, sertliğini ölçen bir görüntüleme modalitesidir. İncelenen dokuların kuvvete karşı vereceği yanıt esneklik katsayıları ile orantılı olarak değişmektedir. USG ile elastografinin birlikte kullanılması için USG cihazının mekanik aksamının, yazılımının bulunması ve elastografi özelliği bulunan prob bulunması gerekmektedir (34). Gerinim(strain), dokunun uygulanan bir kuvvete karşı olarak gösterdiği yer değişikliği miktarını ifade eder. Hooke yasasına göre gerinim ise uygulanan basınçla doğru orantılı olup uygulanan basınç/gerinim oranı incelenen dokuların esneklik katsayısını göstermektedir. Hooke yasası ise Young modülü ve Poisson oranı ile tanımlanan asıl olarak mekanik temelli esneklik fiziği yasasıdır. Esneklik fiziğine göre dokunun elastisite katsayısı ne kadar fazla ise uygulanan basınca karşı daha az şekil değişikliği gösterir. Elastisite katsayısı düşük olan dokularda ise tam tersi bir durum söz konusudur.

Esneklik katsayısı, Young modülü = F (kuvvet)/Gerinim (strain) dokuların elastikiyetini gösteren üç katsayı tanımlanmıştır(Şekil 13) (35).

-Young katsayısı

-Makaslama veya torsiyon katsayısı

-Volüm katsayısı



Şekil 13: Dokuların elastikiyetini gösteren katsayılar(35)

Stres doku içerisinde birim başına düşen kuvvet miktarını gösterir. Dokunun elastikiyetini gösteren, sıklıkla kullanılan klasik parametre, uygulanan stresin (σ)gerinime (ϵ) oranını göstermekte olan elastisite katsayısıdır. Elastisite katsayısı veya Young modülü, esneklik katsayısı gibi isimler de kullanılmaktadır. Elastisite katsayısı ise dokunun yüzeyine dik şekilde uygulanan stresle (σ) oluşan, uzunluktaki azalma miktarını ifade eder. Makaslama katsayısı veya Shear Modülü, tanım olarak uygulanan transvers strese cevap olarak oluşan transvers gerinime oranıdır. Volüm katsayısı, Bulk Modülü, dokuya uygulanan eksternal stres sonrası oluşan hacim değişikliğini ifade etmektedir (36, 37). Doku kuvvetle bir doğrultuda uzatılırsa uygulanan kuvvetin dik doğrultusunda sıkışır ve eni daralır. Bu duruma Poisson oranı denir. Yumuşak dokularda Poisson oranı 0,49 ile 0,499 arasında, her doku için sabit bir değerdir. Bu sebeple her doku için sabit değerden faydalanılarak makaslama ve Young katsayısıyla ilgili formül tanımlanmıştır. Makaslama katsayısı Young katsayısıyla orantılı olduğundan dolayı, makaslama katsayısı da dokunun elastisitesini göstermek adına alternatif bir birim olarak kullanılabilir (37). Uygulanan kuvvete ve akustik puls farkına bağlı olarak sonoelastografinin yarı statik ve dinamik olarak 2 yöntemi bulunmaktadır. Yarı statik yöntemler günümüzde çok kullanılmamakla birlikte ilgili dokuya bir prob yardımıyla, mekanik olarak bir dış kuvvet uygulanır. Dinamik yöntemlerde ise herhangi bir kuvvete ihtiyaç olmadan

prob kaynaklı akustik dalgalarla kuvvet uygulanmaktadır (**Şekil 14**). Yöntemlerden strain elastografi yarı-statik, shear wave elastografi (SWE), Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI), transient elastografi ise dinamik elastografi yöntemleridir (**Tablo 1**) (38).

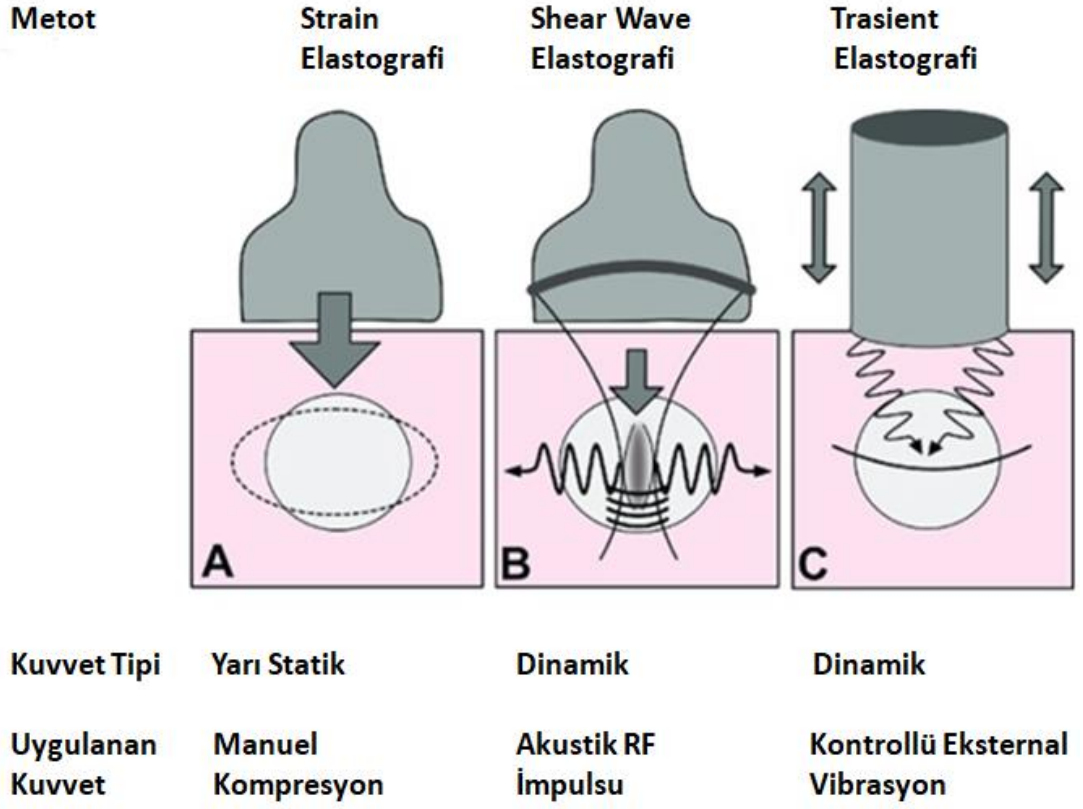
Tablo 1: Elastografi yöntemleri (39)

ELASTOGRAFİ YÖNTEMLERİ	
Yarı Statik Yöntemler	Dinamik Yöntemler
Strain elastografi	ARFI
	Transient elastografi
	Shear wave elastografi

2.3.1.1. Statik yöntem ve strain elastografi

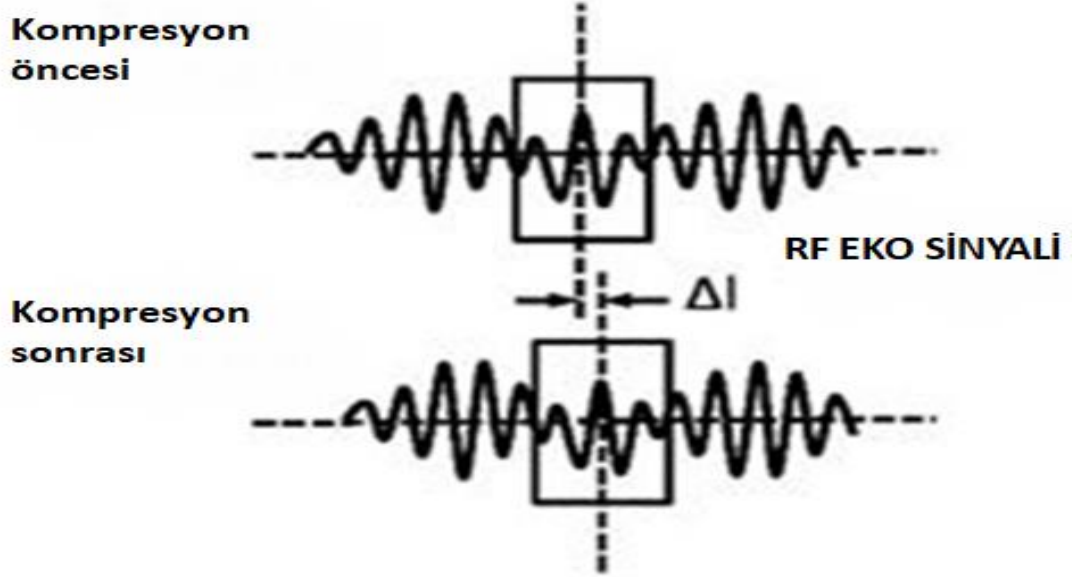
Strain elastografi’de kuvvet uygulamak için prob yardımıyla kompresyon uygulanmakta olup bu şekilde kompresyon-dekompresyon döngüsü oluşturulmaktadır (**Şekil 15**). Geri dönen radyofrekans (RF) dalgaları görüntüye dönüştürülmeden önce bölmelere veya pencerelere ayrılarak seriler şeklinde

kaydedilmektedir.



Şekil 14: Elastografi tekniklerinin şematik gösterimi(40)

Kompresyon öncesinde ve sonrasında elde olunan RF dizileri arasında çapraz korelasyonla eşleştirilme yapılır. Eşleşen bölmelerin arasında yer değiştirme miktarı, dokudaki yer değiştirme miktarını, RF dalgalarındaki değişiklik ise yer değişikliği gösteren dokunun miktarını göstermektedir (37). Yumuşak dokularda yer değiştirme oranı daha fazla olup sert dokulara kompresyon uygulandığında bütün olarak hareket eder ve kompresyon öncesiyle benzer oranda yer değiştirmiş olur. Bu sebeple sert dokularda gerinim değeri beklendiği gibi düşük olacaktır (37). Bir diğer önemli husus yumuşak dokularda proba yakın konumda olan kısımlarda kompresyonla yer değiştirme oranı uzaktakilere göre daha fazla olmaktadır. Bu farkın oranına ise gerinim değeri denir (37).



Şekil 15: Strain elastografi tekniğinin şematik gösterimi(35)

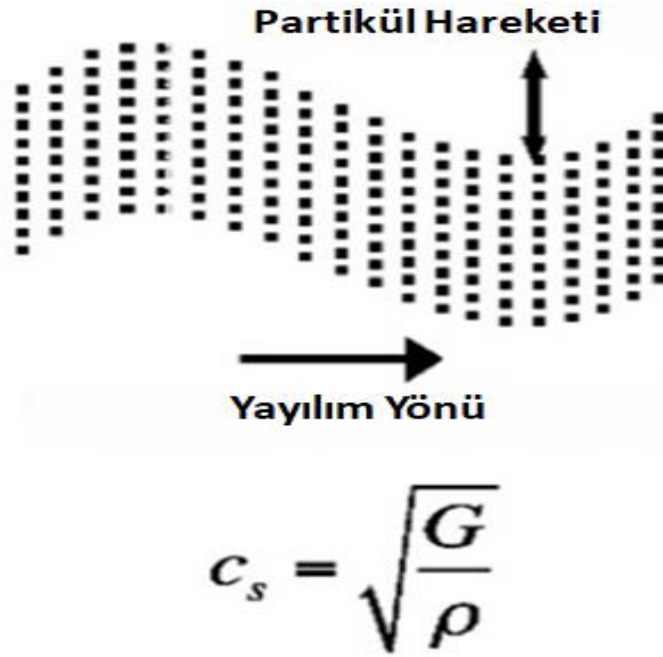
Strain elastografi yöntemi dokuya prob yardımıyla bası ve dekompresyon şeklinde uygulanmaktadır. Bu şekilde kompresyondan önce ve deformasyon süresince görüntüleme yapılan doku bölgesinden dijitalleşmiş eko çizgilerindeki değişimler kullanılıp doku deformasyonu ve dokunun yer değişimi monitörize edilmektedir(41). Serbest el tekniğiyle, prob basısı veya mekanik kuvvetle dokulara bası uygulanabilir. Yapılan çalışmalarda serbest el tekniğiyle yapılan elastografide alınan veriler gözlemci içi ve gözlemciler arası değerlerde anlamlı farklılık izlenmediği gösterilmiştir(42). Statik yöntemde dokular sertlik derecelerini skorlayan renkli görüntülerle gösterilir. Bu yöntemde göre elastisite skoru 1 ve 2 olan lezyonlar benign natürde, sadece santralinde sertlik olanların elastisite skoru olası benign yani 3 olarak tariflenirken skoru 4 ya da 5 olan lezyonlar ön planda malign olarak tarif edilmektedir. Kırmızı renk yumuşaklığı, yeşil renk ara sertlikteki lezyonları, mavi renk ise sert veya malign lezyon olarak tanımlanmaktadır (34). Elastografi Ratio (E-Ratio) değeri incelenecek lezyonun çevresinde bulunan normal dokunun strain değeriyle incelenecek olan lezyondaki strain değerine oranı belirtilmektedir. Bu değer bakılırken inceleme alanına çizilen ROI (Region of interest) ilk olarak referans dokuya konur. Bu dokunun lezyonla benzer derinlikte olması gerekir ancak boyut olarak lezyonla ilişkilendirilmesine gerek yoktur. İkinci ROI ise lezyona çizilir. Referans ROI değerinin lezyondaki ROI değerine oranı ölçülür, elde olunan bu

değere Strain Ratio ya da E-Ratio denilmektedir. Sert dokuların E-Ratio değerleri beklendiği üzere yüksektir. Farklı lezyonlar karşılaştırılırken E-Ratio değeri kriterdir. E-İndex değeri en yumuşak ve en sert değerler olan 0-6 arasında ölçülmektedir. Doku elastisitesi belirlenirken daha iyi sonuçlar için, elastografi pencere boyutunun lezyon boyutunun ortalama 3 katı olacak şekilde olması ve daha önemlisi ROI'nin ilgili dokunun sınırları dışına taşmayacak şekilde ayarlanmasıdır. Diğer önemli bir nokta palpasyon hızıdır. Yavaş prob basısı hızlı prob basısıyla karşılaştırıldığında daha efektif ve kaliteli görüntü sağlamaktadır. Ayrıca prob ile hedef doku arasındaki mesafe 3-4 cm'yi geçmemeli ve özellikle iç organlar değerlendirilirken hedef doku ile prob arasında büyük vasküler yapılar gibi uygulanan kompresyonu absorbe edebilecek herhangi bir doku bulunmamasına özen gösterilmelidir (34, 43).

2.3.1.2. Dinamik yöntemler

Dinamik elastografi yöntemleri statik yöntemlere benzer şekilde doku hareketini ölçer ve ona göre veri oluşturur. Ancak bu yöntemleri ayıran temel fark ise dokuya kuvvetin uygulanış biçimi ve kuvvet uygulanan dokuda oluşan yanıtın ölçülme şeklidir (42). Dinamik US elastografinin temel prensibi ölçüm yapılması planlanan bölgeye oluşturulan titreşim dalgaları ile akustik impluslar aracılığıyla kuvvete maruz bırakılması ve bu kuvvet sonucunda meydana gelen shear wave (SW) hızlarının ölçülmesidir (Şekil 15). Shear dalgalarına bakılacak olursa bu dalgalar ultrason dalgalarına benzer olup mekanik dalgalardır (44). Bu dalgalar aksiyel düzlemdeki kompresyon düzlemine dik olacak şekilde laterale doğru hareket etmektedirler. Bu hareket esnasında incelenen dokunun su dalgası benzeri yukarı ve aşağı olan hareketi sonografik dalgalar ile tespit edilmekte olup shear dalgalarının hızı ölçülebilmektedir. Shear dalgaları, uygulanan dokularca hızla zayıflatılırlar ve shear dalgalarının önemli noktalardan biri düşük viskoziteli sıvılarda yayılımı bulunmamaktadır. Shear dalgaları ile sonografik dalgalar karşılaştırıldığında, shear dalgalarının hızları 1-10m/sn, sonografik dalgaların hızı ise 1540 m/sn olup shear dalgalarının hızı düşüktür ve yayılımı için elastik bir ortam gereklidir. US elastografide shear dalgaları US dalgaları ile oluşturulmakta ve yine US ile hızları ölçülmektedir. Shear dalga hızlarının ölçümüyle farklı dokular kalitatif olarak görsel olarak haritalandırılıp birbirinde ayrılabilir (45). Ayrıca farklı dokularda oluşan SW

hızları karşılaştırılarak dokular arasında ayırım yapılabilir. Dinamik yöntemler adı altında 3 farklı yöntem karşımıza çıkmaktadır.



Şekil 16: Dinamik elastografi tekniğinin şematik gösterimi(35)

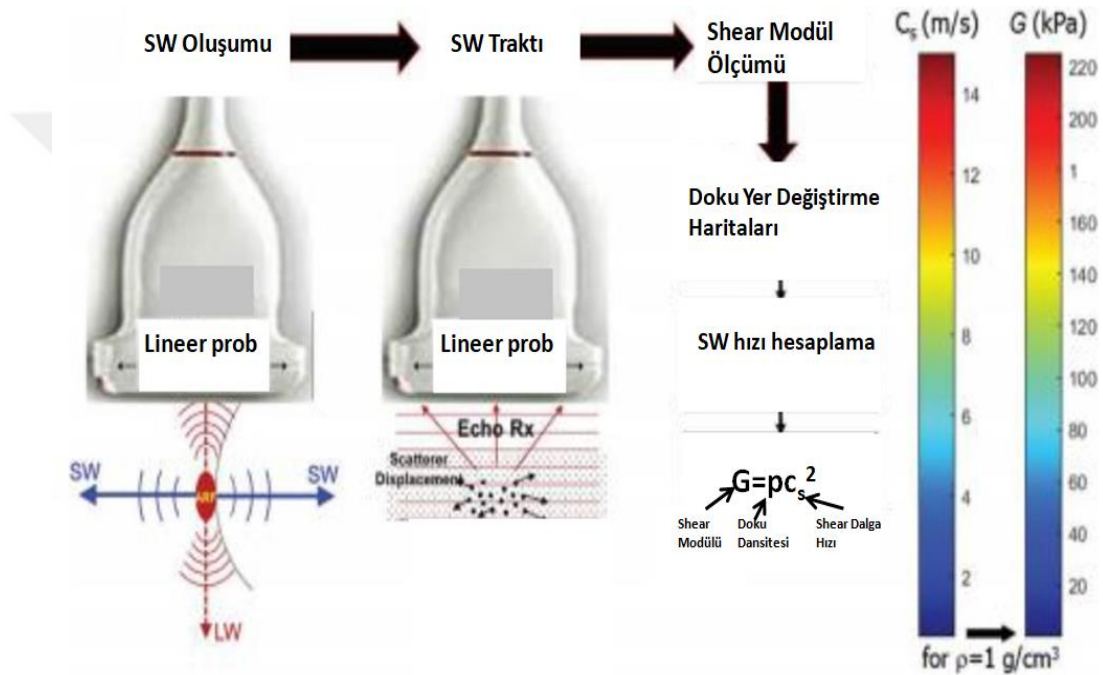
2.3.1.2.1. Transient elastografi

Transient elastografide deride piston benzeri hareket eden ultrason probu cilt üzerinden incelenecek dokuya mekanik impulslar uygular ve sonucunda shear dalgaları oluşturulur. Oluşan dalgaların hızı M-Mod ultrasona benzeyen bir şekilde belirlenmektedir. Bu yöntem genellikle karaciğer fibrozisi ve kitlelerini değerlendirmede kullanılmaktadır(46).

2.3.1.2.2. Shear wave elastografi

USG probundaki transducer aracılığıyla oluşturulan, geçici mekanik itici dalgaların kullanıldığı, son zamanlarda kullanıma giren yeni bir yöntemdir (Şekil 17). Dinamik elastografi çeşitlerinden olan SWE, uygulamaların da eklenmesiyle vücudun çeşitli yerlerinde dokularının değerlendirilmesinde son zamanlarda giderek artan bir şekilde kullanılmakta ve mekanik-elastik doku özelliklerini ölçerek konvansiyonel ultrasonografi, RDUS verilerini tamamlayarak tanıya yardımcı olmaktadır(47). SWE ile iki ve üç boyutlu

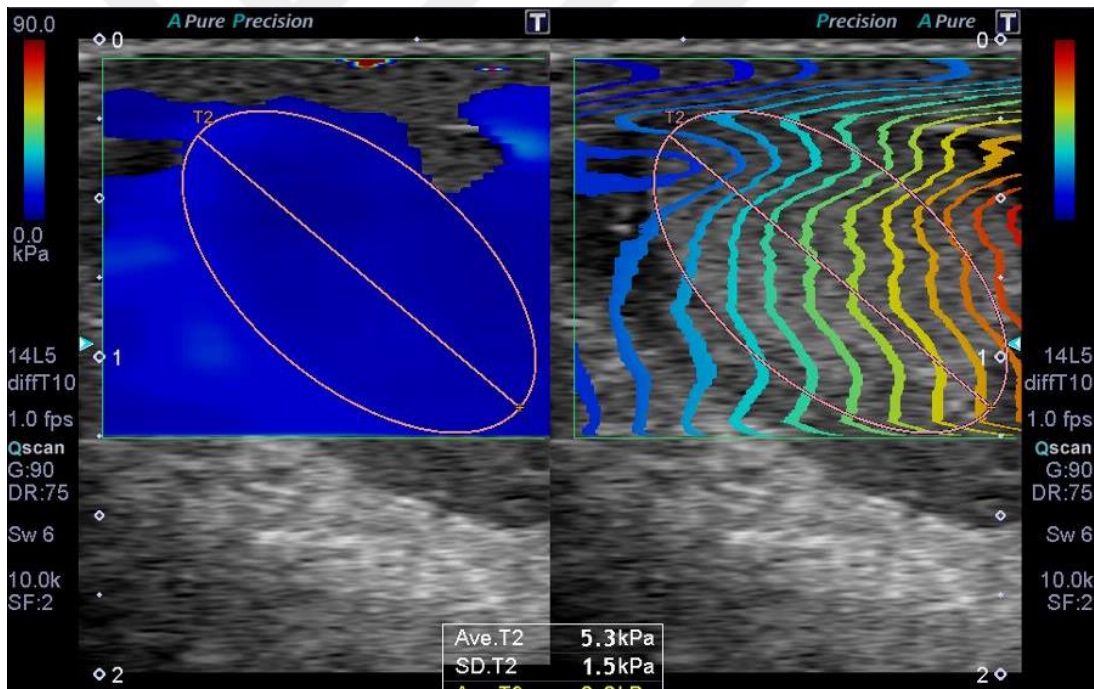
görüntüler elde edilebilmektedir. Makaslama dalgaları, çok hızlı görüntüleme sekansları aracılığı ile elastikiyet haritası oluşturulmak üzere aynı transducer tarafından algılanma prensibine dayanmaktadır (48). SWE ile elastikiyetin uzaysal varyasyonları B-Mod ile görüntülenip kaydedilebilmektedir (Şekil 18). İncelenen dokuya odaklanmış olan akustik dalgalar gönderilmekte ve incelenen dokuda oluşan shear dalgalarının yayılma hızı ölçülmektedir. Shear dalgalarının saptanması ise ultrasonografik görüntülerin çok hızlı bir şekilde işlenmesi ile gerçekleşmektedir.



Şekil 17: SWE fiziğinin şematik görünümü(47)

Dokuya odaklanmış USG ışınları tarafından üretilen, dokudaki akustik radyasyon kuvvetinden oluşan ve geri gelen kesme dalgaları oluşturulur. Sonrasında kesme dalgasının hızı, incelenen bölge üzerinde tahmin edilir. Doku elastisitesi $E = \rho c_s^2$ formülü ile sertliği ölçülür(49, 50). Bu formülde E esnekliği kilopaskal(kPa) cinsinden, ρ doku yoğunluğunu kg/m^3 cinsinden ve C ise dalgaların kayma hızını metre/saniye (m/sn) cinsinden karşılığını ifade etmektedir. Sonuçlar ise haritalama üzerinde renk değişikliğine göre kodlanmaktadır. Kırmızı renk sert dokuları veya lezyonları ifade ederken mavi renk ise yumuşak dokuları veya lezyonları ifade etmektedir (51). Bu teknikte kullanılan USG probu herhangi bir kompresyon

yapmadan, deriye degecek şekilde ve incelenen bölgeye dik şekilde hareketsiz olarak tutulmalıdır. Sonrasında birkaç saniye beklenir. Bu süreçte probtan gönderilen akustik itme dalgası dokuda yer değişikliğine sebep olur. Bu yer değişikliği için proba dokudan geri gelen shear dalgalarının yayılım hızı ölçülür. Ölçüm için yeterli sayıda ROI doku içerisine yerleştirilmelidir. Böylece bu sistem ile gerçek zamanlı elastografik kutudaki renk haritası ile hız ve esneklik parametreleri ölçülmektedir. ROI içerisinde sertlik kPa cinsinden ölçülür. Ayrıca SWE'de kalite kontrol özelliği mevcuttur. Kayma dalgası bir başka ifadeyle shear dalgası yayılımı cihazın otomatik olarak gösterdiği çizgili haritadan takip edilebilir. Bir süre beklenip çizgiler paralel olunca ROI çizilerek daha düzgün ve gerçekçi ölçümler yapılabilir. Eğer çizgiler herhangi bir sebepten dolayı bozuluyorsa ölçüm tekrarı gereklidir(52). ROI yerleştirilip kantitatif kPa değerleri ölçülür. Malign dokular daha sert olma eğilimindedir.

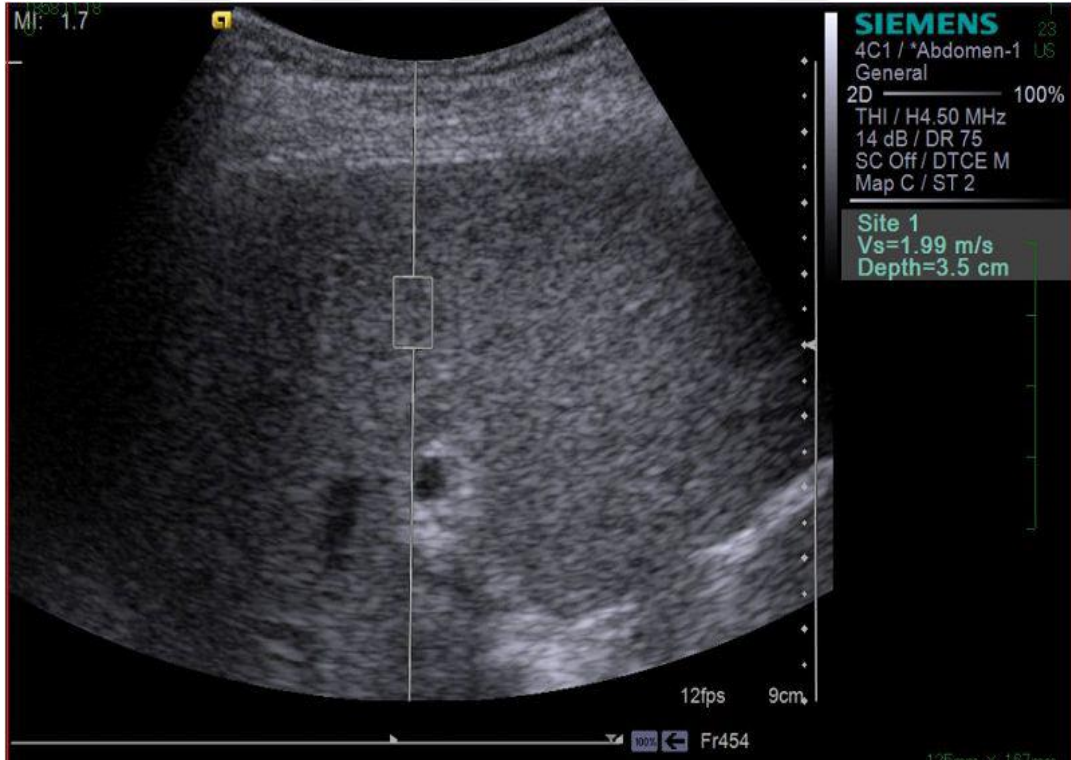


Şekil 18: SWE görüntüsü

2.3.1.2.3. Akustik radyasyon force impulse (ARFI)

ARFI doku sertliğinin ölçülmesinde shear dalgalarından yararlanan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Virtual touch tissue quantification ve virtual touch tissue imaging olmak üzere iki farklı kullanım yöntemi bulunmaktadır (53).

ARFI teknolojisinde birkaç basamak mevcuttur. Birinci basamak referans olarak B-Mod sonografik görüntülemedir. Bu yöntemle dokuya puls göndermeden dokunun normal haldeki yapısı hakkında bize sonografik olarak B-Mod görüntüsü sağlar. İkincisi oldukça kısa (yaklaşık olarak 100 mikrosaniye), dokudan geçebilen akustik itiş pulslarından meydana gelmektedir. Dokudan geçen pulslar dokuya mekanik bir etki oluşturarak dokuda yer değişikliğine sebep olmaktadır. Bu yer değişikliği incelenen dokuya göre yaklaşık 1-20 mikron arasında değişim göstermektedir. Bu yer değişikliği esnek dokularda beklenildiği gibi daha fazla olurken, sert dokularda ise daha az olmaktadır. Çok sert dokularda ise yer değişikliği hiç olmamaktadır. Akustik puls dokuyu geçtikten sonra ise doku orjinal konfigürasyonuna dönmektedir. Konvansiyonel ultrasonografik ses demetleri birkaç milisaniye gibi kısa bir zaman içerisinde uygulanmaktadır. Bu ses demetleri ise referans denilen yani başlangıç görüntüsü ile akustik puls gönderildikten sonra dokuda meydana gelen yer değişikliği arasındaki fark ile ilgili bilgi sağlamaktadır (54). ARFI tekniğiyle Shear dalgalarının hız ölçümü yapılabilmektedir(Şekil 19).



Şekil 19: ARFI tekniğiyle Shear Wave dalgalarının hız ölçümü(55)

2.3.2. Doppler Görüntüleme

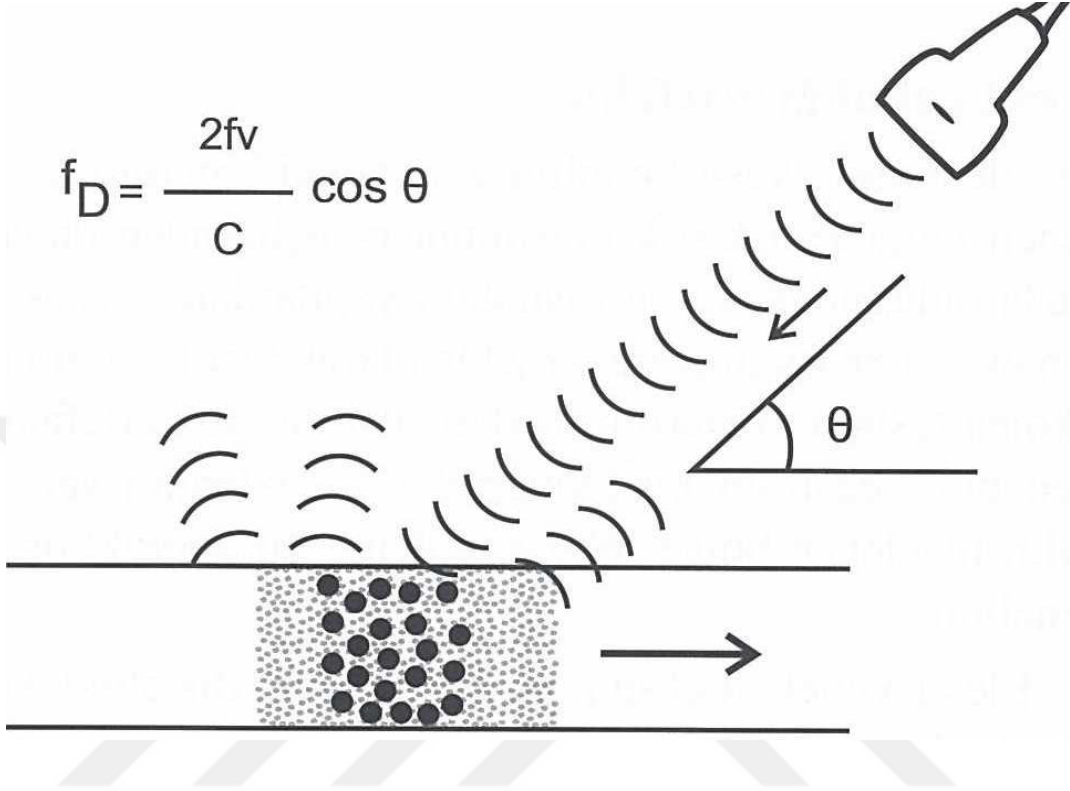
Doppler, kan akımının niteliğini ve niceliğininin saptanmasında temel sonografik yöntem olarak kullanılmaktadır. Dokularda ultrasonografik ses dalgasının dalga boyu (λ) ve frekansı (F), yansıma sonrası proba ulaşan dalganın dalga boyu ve frekansı ile aynıdır. Hareketli yansıtıcı yüzeylerde ise geri dönen ses dalgalarında frekans farklılığı meydana gelmekte olup doppler mantığını oluşturmaktadır (56). Doppler kayması tabiri ise çok eskilere dayanmakta olup 1842 yılında fizikçi Johan Christian Doppler tarafından tanımlanmıştır (57). Doppler etkisi, dalga kaynağı veya dedektör hareketine bağlı tespit edilen dalganların frekanslarındaki değişimleri ifade etmektedir. Tıbbi ultrasonografi kullanımlarında doppler etkisi yansıtıcı dokuların proba göre rölatif hareketine bağlı oluşmaktadır. Rölatif hareket eden yansıtıcılardan gelen eko sinyali proba yaklaşan ya da uzaklaşan hareketlere bağımlı olarak probdan yayılan pulsun frekansına göre değişiklik göstermektedir. Doppler kayma frekansı veya doppler frekansı olarak kullanılan tabir, toplanan ve yayılan frekanslar arasındaki farkı ifade etmektedir (58). Dokularda kan akımının yanı sıra doku hareketleri de doppler sinyalleri üretmektedir. RDUS gürültü sinyalleri ile düşük hızlı kan akımına ait bileşenler üst üste biner (59). Konvansiyonel doppler teknikleri ön planda yüksek hızlı vasküler yapıların değerlendirilmesinde, yüksek çözünürlüklü kan akımlarını görüntüleme hedefi ile geliştirilmiş teknolojilerdir. Düşük hızlı kan akımının saptanmasındaki asıl sorun, vasküler yapılara yakın yerleşimli yapılardan kaynaklanan gürültü sinyalleridir.

2.3.2.1. Temel doppler fiziği

Sesin ortamdaki hızı, yayıldığı ortamın yoğunluğu ve esnekliğiyle değişmektedir. Ses dalgası ortam yoğunluğuna göre farklı hızla yayılmaktadır. Bu bağlamda insan vücudunda sesin yayılım hızı her dokuda farklılık göstermektedir. Konvansiyonel USG'de ses dalgaları 2-15 MHz arasında değişim gösteren frekanslardadır. Yüksek frekanslı ultrases dalgaları insanlar tarafından algılanamamaktadır. USG'de kullanılan dalgalar, transduser olarak adlandırılan kuartz ve benzer kristal elemanlar bulunduran ve piezoelektrik özellikte olan, elektrik enerjisini ses enerjisine, ses enerjisini de elektrik enerjisine dönüştüren probalarla elde olunmaktadır. Dokulara gönderilen ultrases dalgasının dalga boyuna göre değişim

göstermek üzere gittiği yol üzerinde birçok fiziksel etkileşime uğramakta olup giderek enerjisini kaybetmektedir. Bu etkileşimler doku absorpsiyonu, yansıma, kırılma ve saçılma olarak isimlendirilir. Ses, kendi dalga boyuna oranla büyük objelerden yansımaya, dalga boyuna eşit objelerde kırılmaya, dalga boyu küçük objelerde ise saçılmaya uğramaktadır. Yani kırılma, saçılma ve yansıma ses dalgası ilerlerken karşılaştığı objelerin boyutlarına bağlı olarak gerçekleşir. Doppler ise sürekli salınan ses demeti ve buna eşlik eden puls şeklindeki ses ile elde olunur. Doppler görüntüsünün elde olunması için ses dalgasının puls şeklinde gönderilmesi gerekir. Transdusere ait uyarılan elemanların ürettikleri ses dalga boyu/frekans spektrumu şeklinde ilerlemektedir. Spektrum genişliği ise oluşturulan pulsun boyutu ile bağlantılıdır. Puls kısaltıkça spektrum genişler. Puls kısalması ise görüntünün çözülmesinin artmasına neden olmaktadır. Puls uzaması ise ses dalgasının frekans bandını daraltmaktadır. En önemli noktalardan biri ise doppler ölçümleri frekans bandının dar olması ile daha hassas yapılmaktadır (64). Doppler USG ile kan akımının incelenmesinde eko kaynağı kandaki şekilli elemanlardan en çok bulunan eritrositlerin yüzeyidir. Gönderilen sesin dalga boyu ise hedef eritrositin yüzey alanından çok daha büyük olduğundan aslında buradaki temel olay saçılmadır. Parankim görüntüsü oluşmasının nedeni de bu türdür ve buna Rayleigh-Tyndall saçılması denir. Saçılma miktarı gönderilen ses demetine ait frekansın dördüncü kuvveti ile doğru orantılıdır. Kan içinde dolaşan eritrositlerden saçılma gösteren ses dalgaları üst üste gelecek şekilde transdusere ulaşır. Bundan dolayı doppler USG’de, düzgün bir penetrasyon sağlamak için olabildiğince yüksek frekanslar seçilmelidir. (64). Doppler USG'yle kan akımı değerlendirilirken temel prensip vasküler yapıya belirli bir açı ile gönderilen ses demetlerinin frekansının, akımın hızı ve yönüne göre değişimini saptamaktır. Gönderilen ses demetlerinin frekanslarındaki değişim ise doppler eşitliği ile gösterilmektedir. Doppler kayması (**Şekil 20**) transduser frekansı, kan akım hızı ve ses demetinin vasküler yapının duvarı ile yaptığı açının kosinüsü ile doğru orantılıdır. Kosinüs değeri ise açı daraldıkça artar. Doppler eşitliğinde (**Tablo 2**) bilinmeyen tek değişken ise kan akım hızıdır (V). Diğer faktörler belirli olduğu için sonuç olarak dopplerdeki frekans kayması incelenen bölgedeki kanın akım hızı ile doğru orantılıdır (57). Doppler açısı 90°'ye yaklaştıkça açılarda antegrad ve retrograd kan akımlarının ayırtedilebilme özelliği bozulmakta ve bazal çizginin üstünde ve altında eşit miktarda ayna hayali şeklinde hatalı akım verisi ortaya

çıkılmaktadır. Ayrıca bir diğer önemli husus ise doppler açısının 60°'yi geçtiği durumlarda açıda oluşabilecek küçük değişiklikler, açının kosinüs değerinde büyük değişikliklere neden olacağından dolayı hatalı veriler vereceğidir.



Şekil 20: Doppler kaymasının şematik gösterimi(57)

Bu gibi nedenlerden ötürü doppler dalgaları ile akım yönü arasında 30-60°'lik açı olacak şekilde inceleme yapılması uygun olacaktır. Doppler açısı 90° olduğunda, prob tarafından oluşturulan ses dalgaları vasküler yapıdaki akan kana dik açı ile gönderildiğinde $\cos 90^\circ$ sıfır olduğundan dolayı bu vasküler yapıdan doppler sinyali alınmayacaktır(56). Doppler US ile elde edilen akım bilgileri 3 başlık altında toplanmaktadır (**Tablo 3**)

Tablo 2: Doppler denklemi(56)

Doppler Denklemi	
$f_d = (2f_0V \cos \theta) / C$	f_d : Doppler frekans kayması
	f₀ : Transduserin Doppler frekansı
	V : Kan akım hızı
	θ : Doppler açısı
	C : dokudaki ses hızı

2.3.2.2. Doppler inceleme parametreleri

Akım tespitinin optimal bir şekilde yapılması ve patolojik süreçlerin doğru tanısı için doppler prensiplerinin anlaşılması ve uygulanması önemlidir. Doppler USG'de inceleme parametreleri kan akım hızını belirleyen frekans şifti ve faz değişikliğidir. Faz değişikliğine göre, ekranda incelenen vasküler akım mavi veya kırmızı renk olarak gösterilmektedir. Frekans kaymasının miktarıyla doğru orantılı olarak bu renkler ekranda açık veya koyu tonda görülmektedir.

Tablo 3: Doppler ile elde edilebilen akım bilgileri(56)

1. Kalitatif
-Akım varlığı ve yönü
-Akım karakteristiği
2.Kantitatif
-Akım hızı
-Akım volümü
3.Yarı kantitatif
-Pik sistolik / diastol sonu hız indeksi
-Rezistif indeks (RI) = VPik sistolik – VEnd diastolik / VPik sistolik
-Pulsatilite indeksi (PI) = VPik sistolik – VEnd diastolik / VOrtalama

2.3.2.2.1. Pulse repetition frequency (PRF)

Puls tekrarlama frekansı(PRF) veya örnekleme hızı, probda bulunan kristallerin sürekli uyarılması sonucunda oluşan akustik dalgalar dokuya gönderilmektedir. Doppler çekiminde bu pulsların bir saniyede tekrarlama frekansına puls tekrarlama frekansı (pulse repetition frequency; PRF) denilmektedir. Günlük kullanımda ulaşılan maksimum değer 12.5 kHz civarındadır. PRF manuel olarak ayarlanabilmekte olup bazı USG cihazlarında kontrol mekanizması mevcuttur. Doppler şifti ise PRF ile örneklenerek oluşturulmaktadır. Doğru ölçüm için, dokuya gönderilen puls proba geri dönene kadar yeni bir puls gönderilmemelidir. Oluşturulan doppler pulsunun inceleme alanına ulaşması ve transdüser geri dönme süresine ihtiyaç gösterdiğinden dolayı PRF değeri, ölçülecek doppler kaymasının en az 2 katı değerinde tutulmalıdır. Bu değere Nyquist limiti denir ve kendine özgü bir denklem ile hesaplanır (**Tablo 4**). Doppler frekansının artırılmasının iki yolu vardır;

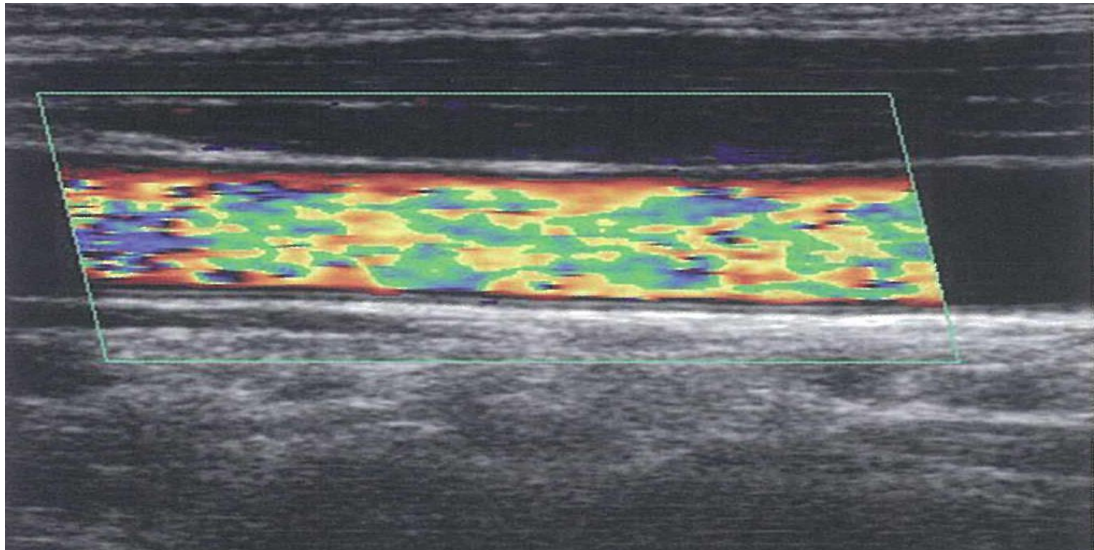
bunlar PRF'in veya doppler açısını yüksek değerde olmasıdır. Eğer Nyquist limiti aşılsa kan akımı hatalı olarak ters yönde algılanabilmektedir. Bu duruma "aliasing" denir (Şekil 21). Bu durumdan kurtulmak için ilk yapılması gereken PRF değerini artırmaktır. Doppler frekans şiftini azaltmak veya sürekli dopplere geçmek de çözüm yollarından birisidir (57).

Tablo 4: Nyquist Limit Hesaplanma denklemleri

$V_{max} = c(PRFF)/4 \times F_0 \times \cos \theta$	V_{max} : Maksimum akım hızı
	c : Sesin dokudaki ortalama hızı (1540m/sn)
	F₀ : Transdüser frekansı
	Cos θ : Doppler açısı

2.3.2.2.2. Doppler açısı

Doppler dalgalarının eşitliğinde geliş(insonasyon) açısı, doppler şiftini etkileyen önemli parametrelerden biridir. Doppler dalgası değerlendirilen vasküler yapıya dik açı ile gelirse, formül eşitliği gereği Cos 90° değerinin 0 olması nedeniyle doppler kayma frekansı hesaplanamayacaktır. Bu durumdan dolayı doppler incelemede 30° ile 60° arasında geliş açısı kullanılması önerilmektedir(60).



Şekil 21: Aliasing artefaktı (57)

2.3.2.2.3. Örnek volüm (Sample Volüm)

Örnek volüm akım hızı hesaplanacak doku volümünü işaret eder. Örnek volümün aksiyel çapı probun gönderdiği dalga frekansı ile orantılıdır. Mesela 3.5 MHz frekansında puls kullanılırsa, örnek volümün aksiyel çapı 1mm'ye kadar inebilmektedir. Diğer çaplar ise transdüserden gelen akustik impuls demetinin genişliğine bağlıdır. Örnek vermek gerekirse, incelenen alanda akustik demet genişliği 2 mm ise, örnek volüm 1 mm uzunluk ve 2 mm genişliğe sahip olacaktır. Renkli doppler USG'de inceleme alanında yayılım gösteren multiple örnek volüm kullanılır, sonuçları renk olarak kodlanıp B-mod imaj üstüne gösterilir (60).

2.3.2.2.4. Duvar filtreleri

Doppler USG algoritmalarında, yansıtıcı özellikleri taşıyan yer değişikliği gösteren, düşük frekanslı, yüksek amplitüdlü yapılarda oluşan doppler kaymasının kaynağını vasküler yapı içinde akan kandan ayırt edememektedir. Bunun gibi doppler çift sinyalleri genellikle vasküler duvarda oluşur ve incelenmekte olan alan içerisinde oluşmalarından dolayı sorun oluşturmaktadır. Kapiller damarlara kıyasla daha büyük olan vasküler yapılar probdan gönderilen akustik dalgaların dalga boyuna oranla çok büyük olmalarından dolayı ses dalgalarını kuvvetle yansıtırlar. Bu etkiye "wall thump" denir. Doppler cihazlarında duvar filtresi (wall filter) olarak bilinen bu özellik, yüksek frekansları geçirmekte düşük frekansları ise zayıflatmaktadır. Bu filtre sistemi düşük frekanslı dalgaların etkisinden kurtulmakta yardımcı olur. Ancak, kan akımının yavaş olduğu düşük frekanslı sinyallerin alındığı yapılardan gelen dalgaların kaybına neden olmaması için filtre kullanımı dikkatlice yapılmalıdır (60).

2.3.2.2.5. Çerçeve hızı (Frame Rate)

Doppler incelemede bir saniyelik dilimde oluşturulan imaj sayısına çerçeve hızı denilmektedir. İnceleme alanı yani pencere büyüdükçe, görüntünün oluşması için gerekli olan veri miktarı da arttığı için çerçeve hızı azalır. Günlük pratikte, incelenen anatomik yapı ve patolojilere göre uygun çerçeve hızı seçilir. Örnek vermek gerekirse ekokardiyografide temporal rezolüsyon önemlidir, bundan dolayı

çerçeve hızı yüksek tutulmalıdır. Abdominal incelemelerde ise, akım karakteristiği daha önemli olduğundan dolayı çerçeve hızı düşük olmalıdır (60).

2.3.2.2.6. Doppler gain (Kazanç Ayarı)

Gain kullanıcı tarafından kontrol edilebilen frekans şiftinin amplifikasyon işlemine denmektedir. Gain ayarı çok düşük olursa akım tespit edilemeyebilir. Akım tespiti için gain ayarı burst artefaktının oluşmadığı en yüksek seviyede tutulmalıdır (61). Doppler frekans şifti sadece spektral dalga formu olarak da görüntülenebilmektedir. Bunun için kullanıcı bir bölge seçer ve bir süre zarfında bu bölgeden spektral dalga kaydı alır. Ayrıca spektral inceleme, doppler sinyalinin belirsiz olduğu durumlarda testislere kan akışının doğrulanmasında, artefaktan ayrılmasında yardımcı olabilir (62).

2.3.2.3 Doppler teknikleri

Doppler USG klinik kullanımda beş şekilde uygulanmaktadır. Bunlar devamlı(continious) dalga doppler, spektral doppler, renkli doppler, power doppler ve superb microvasculer imaging(SMI) olmak üzere beş şekildedir. İncelenen vasküler yapının birlikte görüntülediği doppler tekniği olan spektral dopplere duplex doppler denir. Bunun renkli dopplerle birlikte yapılan türüne ise tripleks doppler denmektedir.

2.3.2.3.1. Sürekli dalga (continuous wave) doppler

Sürekli dalga doppler radyoloji pratiğinde sık kullanılmamakta olup sürekli dalga doppler cihazlarının kullanımı basit ve kullanışlıdır. Bu cihazların prob yapısında yan yana bulunan biri sürekli akustik dalga üreten transduser yani verici transduser, diğeri dokulardan yansıyan ekoları algılamakla görevli yani alıcı transdüser olmak üzere iki adet transdüser bulunur. Alıcı transduserde algılanan doppler kayması yani doppler frekansındaki değişiklik duyulabilecek düzeydeki ses şeklinde verilir. Yüksek frekans ile çalışmakta olan sürekli doppler aygıtları, düşük frekanslarda çalışan cihazlara göre daha hassastır. Bu cihazların en büyük dezavantajı cihazlarda aksiyal rezolüsyon olmadığından dolayı doppler kaymasının kesin kaynağı saptanamamaktadır. Cihazdan gönderilen akustik demet boyunca

hareketli olan yapılar sinyale katılmaktadır ancak farklı vasküler yapılardan gelen sinyaller birbirinden ayrılamaz. Obstetri kliniklerinde fetal kalp tepe atım hızı için kullanılan non-stres test (NST) ve kalp damar cerrahisinde ekstremitlerin vasküler yapılarının değerlendirilmesinde kullanılan cihazlar sürekli dalga teknolojisini kullanan, klinik pratikte el doppleri olarak bilinen cihazlardır (57).

2.3.2.3.2. Spektral (duplex) dopler

Pratikte B-mode görüntüleme ile entegre edilerek kullanılmaktadır ve bundan dolayı dupleks doppler yöntemi adını alır(57). Spektral dopplerde doppler şift kaynağının gri skalada lokalizasyonu saptanmaktadır. Günlük pratik kullanımda B-mode görüntüleme ile imaj oluşturulur daha sonra kullanıcı bu imajdaki doppler açısından değerlendirmeyi düşündüğü alanı range-gate isimli bir işaretleyici ile seçer. Bu alandan yansımakta olan ekolar B-mode görüntü altında olan frekanstaki değişiklik/zaman grafiği olarak gösterilmektedir. Elde edilen veriler kantitatifdir. Doppler açısı kullanıldığında hız/zaman grafiği oluşturulabilir. B-mode'da saptanamayacak kadar ince kalibrasyondaki vasküler yapılardaki kan akımı daha hassas olması nedeniyle spektral doppler ile değerlendirebilmektedir. Ayrıca spektral doppler ile B-mode'un ayrımını net yapamadığı ciddi stenoz-oklüzyon ayrımı spektral doppler ile yapılabilir.

2.3.2.3.3. Renkli doppler ultrasonografi (RDUS)

İncelenen dokuya transdüserden pulslar gönderilerek puls çizgisince çok sayıda örnekleme alanı (gate) alınarak incelenen bölgedeki akıma ait doppler bilgisi elde edilmektedir. Spektral dopplerin aksine RDUS'da çok sayıda yani multigate örnekleme yapılabilir. İnceleme yapılan alandan gelen bilgiler hızına ve yönüne göre renklendirilerek RDUS görüntüleri elde edilir. RDUS görüntüleri incelenen kan akımı hakkında nitelendirici bilgiler vermektedir. Bu sebeple günlük radyoloji pratiğinde yalnız başına kullanımdan ziyade hız-zaman spektrumu ile birlikte kullanılır. Bundan dolayı kullanım durumuna göre renkli duplex doppler veya tripleks doppler yöntemi olarak da adlandırılmaktadır. RDUS'da akımın yönü kırmızı ya da mavi renkte kodlanmakta olup faz kayması ile belirlenir. RDUS görüntüleri işin özünde spektral görüntüleme modalitesidir. RDUS'da spektral değerler grafik olarak değil renklerle ifade edilmektedir. Kan akımının şekil ve hız

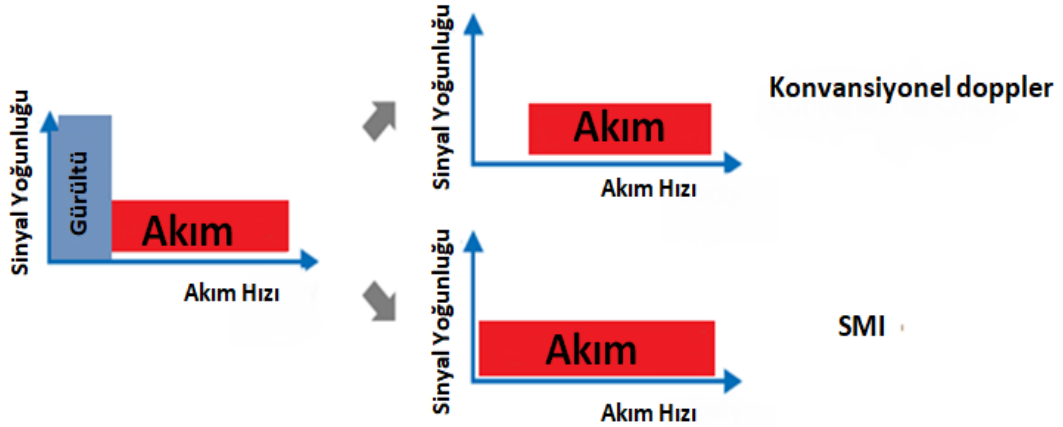
bilgileri aynı rengin tonlarıyla yani renk saturasyon kodlaması veya farklı renklerle gösterilir (57).

2.3.2.3.4. Power doppler ultrasonografi (PDUS)

PDUS 1990'lı yıllarda günlük pratik kullanıma giren bir doppler modalitesi olup renkli US anjiografi olarak da adlandırılmaktadır. PDUS'un vasküler yapıları görüntülemesi RDUS'a göre beş kat daha fazladır. RDUS'ta görüntü oluşumunun ana unsuru doppler şiftine dayanmaktadır. PDUS'da ise görüntü sinyal gücüne dayanmaktadır. PDUS'un RDUS'dan ana farkları akım yönü ve hız bilgilerini taşımamaktadır ve görüntülerde izlenen akım rengi doppler açısına bağımlı olmamasıdır. PDUS'da insonasyon açısı olmadığından dolayı aliasing ortadan kalkar. Ancak, PDUS'un en büyük dezavantajı ise doppler verileri diğer doppler yöntemlerine göre uzun bir sürede elde olduğundan dolayı diğer yöntemlere kıyaslandığında doku hareketlerine karşı hassas bir yöntem olmasıdır. PDUS hareket artefaktlarından en çok etkilenen doppler modalitesidir(63). PDUS incelemesinde hedef alan belirledikten sonra bu bölgenin spektral doppler incelemesi yapılabilir ve böylece buradaki akım yönü ve hızı belirlenebilmektedir. PDUS'da görüntü kalitesi, örneklenen alan volümündeki eritrositlerin yoğunluğu ve incelenen alan ile prob arasında kalan dokuların atenüasyonuna bağlıdır. İncelenen bölgeden alınan sinyaller genelde tek bir renk (kırmızı) ile kodlanmakta olup RDUS'daki gibi gri skala imajının üstünde gösterilir. Sinyallerin gücüne göre parlak veya sönük tonlar şeklinde kodlanır. PDUS yavaş kan akımlarının görüntülenmesinde daha duyarlı olmasından dolayı ciddi stenotik segmentlerin görüntülenmesinde, regürjitan akımın değerlendirilmesinde ve karakterize edilmesinde, plasental ve fetal kan akımlarının değerlendirilmesinde, incelenen dokudaki neoplazmların neo-vaskülarizasyonunu görüntülenmesinde kullanılmaktadır. Ayrıca, PDUS transplantasyon sonrası böbreklerin değerlendirilmesinde, renal vasküler yapıların görüntülenmesi ve akut pyelonefrit gibi enfektif inflamatuvar patolojilerin tanısında da kullanılmaktadır. PDUS'un bir diğer kullanım alanı ise kas-iskelet sistemini etkileyen inflamatuvar patolojiler, otoimmün hadiseler (romatoid arterit, Crohn hastalığı gibi) hastalıkların takiplerinde gelişen kanlanma artışını değerlendirmektedir. Testis ve over torsiyonunun tanısında da günlük pratikte kullanılmaktadır (60).

2.3.2.3.5. Superb microvascular imaging (SMI)

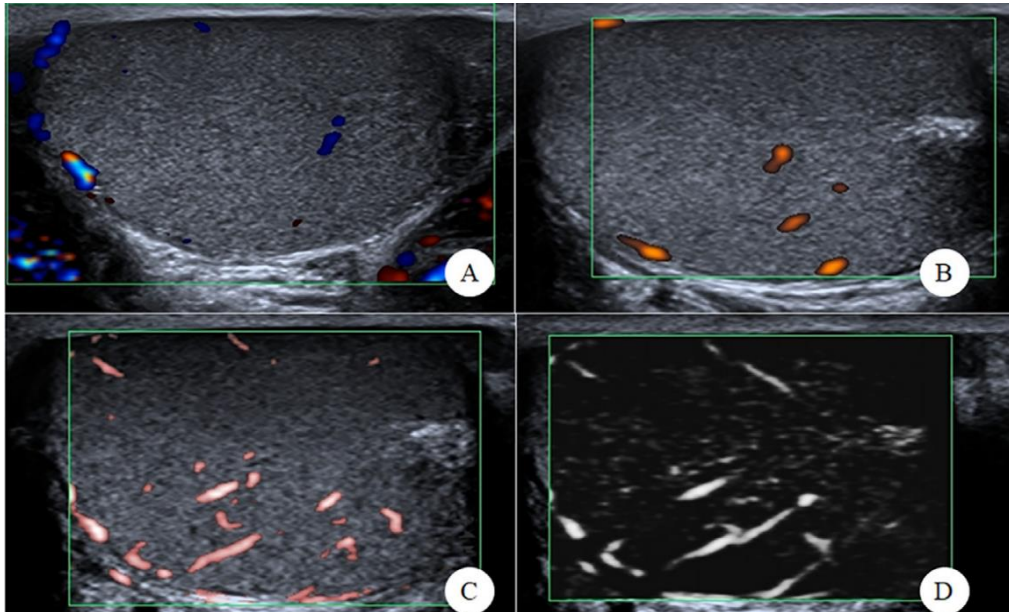
Süper Mikrovasküler Görüntüleme (SMI) ultrasonla görüntülenemeyen düşük hızlı mikrovasküler akımın görüntülenebilmesini sağlayan ve görüntülenebilir akım düzey aralığını genişleten bir teknolojidir (64). Konvansiyonel Doppler teknolojilerinden farklı olarak SMI yüksek veri işleme hızı, yüksek çözünürlük, yüksek duyarlılık ve en önemlisi az hareket artefaktı avantajı ile ön plana çıkmaktadır. Konvansiyonel doppler hareket ve gürültü artefaktlarını gidermek için duvar filtresi uygular. Filtrenin en büyük dezavantajı ise düşük hızlı kan akımı bileşenlerinin kaybına yol açmasıdır. Konvansiyonel doppler teknikleri bu hareket artefaktlarını gerçek kan akımından ayırt edememektedir (**Şekil 22**). Bu vasküler yapıların görüntülenememesi incelenen doku ve lezyonların gerçek mikrovasküler altyapısı hakkında bilgi edilememesine neden olmaktadır. SMI ise, gürültü sinyallerini ayıklayarak oluşan doku hareketini tanımlar ve görüntüden çıkarır. Daha sonra gerçek kan akımını ortaya çıkarmak için yeni tanımlanan adaptif algoritmasını kullanmaktadır(59, 65). SMI, bu hedefin de ötesinde mikrovasküler kan akımının göstermesinin de yanı sıra yüksek çözünürlüklü görüntüler kullanarak yüksek ve düşük hızlı kan akımını tespit edebilir (66). Sonuç olarak SMI, akım sinyalleriyle üst üste binen doku hareket artefaktlarını akım sinyallerinden ayırabilen ve küçük çaplı yavaş akımlı vasküler yapıları yüksek çözünürlükte ve detaylıca gösterebilen bir doppler modalitesidir (**Şekil 23**) (65, 67). Böylelikle rutin radyoloji pratiğine neoplazmların, kistik lezyonların ve enfektif-inflamatuvar hastalıkların değerlendirilmesinde konvansiyonel doppler tekniklerine kıyasla küçük vasküler yapıların ortaya çıkarılması ve değerlendirilebilmesi için yeni bir yöntem sunmaktadır (59). Literatürde SMI'nın meme neoplazmlarının değerlendirilmesinde (68), tiroid nodüllerinde (69) , karaciğer tümörlerinde (70) ve karaciğerin fokal lezyonlarının (71) vaskülaritesinin değerlendirilmesinde, romatolojik hastalıklarda oluşan sinoviyal enflamasyonun takibinde ve şiddetinin değerlendirilmesinde (72), çocuklarda vezikoüretal reflünün derecelendirilmesinde (73) kullanıldığına dair birçok çalışma bulunmaktadır.



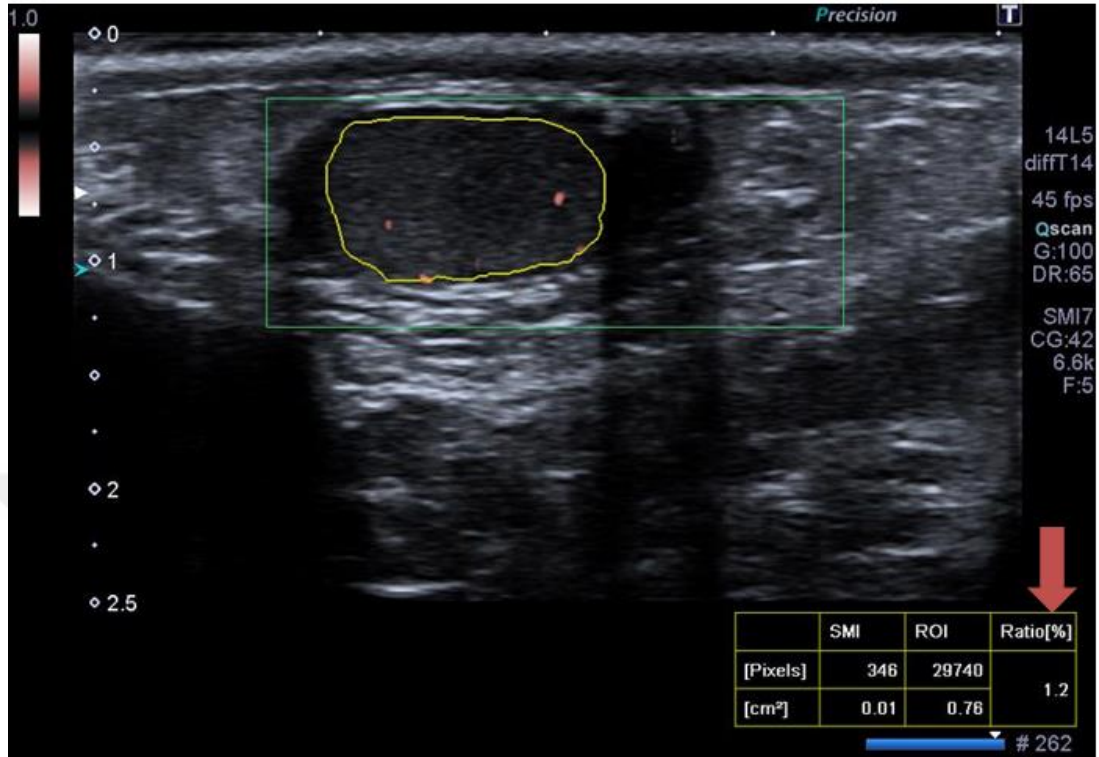
Şekil 22: Konvansiyonel doppler ve SMI'nın filtreleme özellikleri (59).

Literatürde yapılan çalışmalarda RDUS özellikle çocuk hastalarda testis patolojilerinde tanı için yetersiz bulunmuştur (74). 1990'lı yıllarda günlük radyoloji pratiğinde, testis kan akımı için altın standart yöntem PDUS inceleme olarak kabul edilmekteydi (75). Kontrastlı manyetik rezonans görüntüleme (MRG) veya bilgisayarlı tomografi (BT) de bazı klinik vakalarda kan akımını değerlendirmek için kullanılabilir. Ancak bu yöntemlerin her ikisi de pahalı ve çocuklarda uygulaması zor yöntemlerdir (76). Ek olarak BT'de X ışınları kullanıldığı için radyasyon da ayrı bir dezavantajdır. Çocuklarda testis kan akımının değerlendirilmesi günümüzde günlük radyoloji pratiğinde zorlanılan bir konudur. Özellikle acil müdahale gerektiren torsiyon gibi akut vakalar başta olmak üzere klinik pratikte kan akımının değerlendirilmesi güç hale gelebilmektedir. Bu sebeple akut skrotal ağrıyla gelen hastaların değerlendirilmesinde zorluk çekilmektedir ve yanlış tanı konulabilmektedir (76). SMI modalitesi ile tek renk monokrom SMI (mSMI) veya color SMI (cSMI) olmak üzere iki moda görüntü alınabilmektedir. Monokrom moda, incelenen bölgedeki vasküler yapılardan akım sinyalleri alınır ve arka planda alınan bilgiler substrakte edilerek gri skala akım haritası oluşturulur. Renkli moda, subtraksiyon yapılmamakta vasküler yapılara ait akım verileri gri skala haritası ve renk kodlaması ile birlikte verilmektedir (59). Daha iyi görüntü elde edebilmek için uygun presetlerin seçilmesi, vasküler yapıların devamlılığının doğru şekilde değerlendirebilmek için kullanıcının smoothing time değerini artırması, daha iyi

temporal rezolüsyon ve akım sinyali için önemlidir (77). Dikkat edilmesi gereken önemli hususlardan biri mikrovasküler yapıların kollapsını önlemek için prob dikkatli kullanılmalı ve gereğinden fazla basınç uygulanmaktan kaçınılmalıdır. SMI ölçümü yapılırken inceleme yapılan USG probunun insan derisiyle teması genelde yeterli olmaktadır. Renk kazancı ayarlamasıyla kazanç artırılarak mikrovasküler yapıların görünürlüğü ve akım duyarlılığı artırılabilir (77). Vasküler indeks (VI), kanlanma oranını ölçmek için çizilen ROI'de renk kodlanması olan piksellerin ROI içindeki tüm piksellere oranı olarak hesaplanmakta olup akım sinyallerini ölçmek için SMI tarafından otomatik olarak hesaplanan yeni bir doppler parametresidir (**Şekil 24**). VI, literatürde benign-malign dokuların ayırımında, dokuların kanlanma oranlarının değerlendirilmesinde, incelenen bölgenin kan akımının kantitatif değerlendirmesinde kullanılabilir (78). SMI, günlük pratikte karşılaşılan klinik durumlarda da diğer doppler tekniklerine göre farklılıklar göstermektedir. SMI tümör vaskülaritesinin yoğunluğunun değerlendirilmesi, lezyonların tanısını ve ayırt edilmesini kolaylaştırır. SMI, kemoterapinin terapötik etkisini değerlendirmek için veya ülseratif kolit ve Crohn hastalığı gibi enflamatuar bozukluklarda hastalık aktivitesini değerlendirmek için de kullanılabilir (59). Ek olarak, SMI kontrast maddenin ilk geçişinden sonra dinamik mikro akım görüntülerinin elde edilmesine yardımcı olan kontrastlı USG'de çok küçük damarların görüntülenmesinde daha hassas bir görünüm sağlar (59).



Şekil 23: Renkli doppler (a), power doppler (b), color SMI (c) ve monokrom SMI (d). SMI modalitelerinde vasküler yapılar daha ayrıntılı izleniyor (79).



Şekil 24: SMI kullanımı ve VI ölçümü (ok).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Hasta Seçimi

Araştırmamızda ilk olarak Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Yerel Etik kurulundan onay alındı (Ek-1). Araştırmaya dahil edilen hastalara yapılan araştırmanın amacı, uygulanacak görüntüleme teknikleriyle ilgili bilgilendirme, USG protokolü ile ilgili bilgilendirme yapıldı ve çalışmamızda planlanan takip prosedürü anlatıldı. Bilgilendirilmiş gönüllü onam formu (Ek-2) ayrıntılı olarak anlatıldı ve imzalamayı kabul ederek gönüllü olarak çalışmaya katılan hastalar dahil edildi. Ocak 2019-Haziran 2020 tarihleri arasında Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Cerrahisi Anabilim dalına tek taraflı inguinal herni sebebiyle başvuran, ameliyat olmayı kabul eden ve araştırmaya dahil edilme kriterlerini karşılayan 44 erkek çocuk hasta prospektif olarak araştırmaya dahil edildi (**Tablo 5**). Hastalara ilk olarak preoperatif USG incelemesi yapıldı. İlk USG incelemesini takiben 7-10 gün içerisinde hastaların inguinal herni operasyonları gerçekleştirildi. Hastaların hepsine aynı ameliyat protokolü uygulandı. Daha sonra takibe alınan hastalara postoperatif 1-3-6. aylarda da kontrol USG incelemesi yapıldı. Preoperatif 1 kez, postoperatif 3 kez olmak üzere hastalara toplamda 4 kez USG incelemesi yapıldı. Toplamda 44 hasta (88 testis) 4 farklı zamanda incelendi.

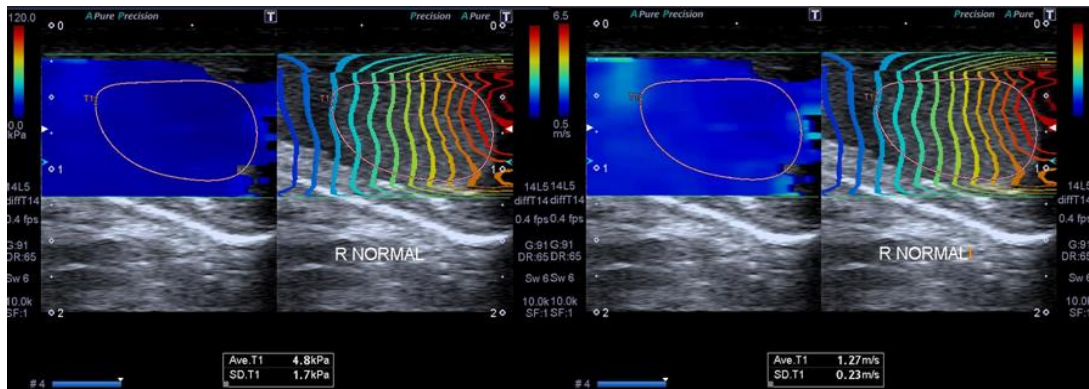
Tablo 5: Çalışmaya dahil olma/hariç tutma kriterleri

Çalışmaya Dahil Edilme Kriterleri	Çalışma Dışı Bırakılma Kriterleri
Erkek cinsiyet	Kadın cinsiyet
Pediyatrik yaş grubunda olmak	Daha önce inguinal herniden opere olmak
Tek taraflı inguinal herni olması	İnmemiş testis, testis tümörü veya testiküler kanlanmayı bozacak sistemik hastalığın bulunması
USG kontrendikasyonunun bulunmaması	Herhangi bir testiste testiküler atrofi bulunması

3.2. Ultrasonografik incelemeler

Tüm USG incelemeleri Canon Aplio 500 USG cihazı (Canon Medical systems, Tokyo, Japonya), 1-6 MHz kurvilineer prob kullanılarak yapılmıştır. Hastalar

supin pozisyonda yatırıldıktan sonra hastaların kimlik bilgilerinin USG cihazına kayıt edilmesini takiben USG probu testisleri tam kapsayacak şekilde dik ve minimal bası yapacak şekilde yerleştirildi. Daha sonra gri skala USG ile B-Mode USG incelemesi ile testis ekojeniteleri ve homojeniteleri incelendi. Testis boyutları alındı ve testis hacmi en uzun 3 aksta ölçülerek kullanılan USG cihazına ait algoritma ile otomatik olarak hesaplandı. İlk olarak herni tarafının olduğu testis, daha sonra karşı taraf testis incelendi. Testislerin üzerine testis parankimini tamamını kapsayacak şekilde ROI yerleştirilerek SWE incelemesi yapıldı. SWE incelemesinden kPa ve m/s değerleri elde edildi (**Şekil 25**). Daha sonra testislere SMI incelemeleri yukarıda belirtilen ultrason cihazının aynı probu ve aynı çekim tekniği ile yapılmıştır. Testisin vasküler değerlendirilmesi zor olduğu için artefakt oluşturmadan, olabildiğince en yüksek doppler gain ayarlarıyla ve olabildiğince en düşük PRF ayarlarıyla görüntüler elde olunmuştur. VI ölçümü ise tüm testisi içine alacak şekilde ROI çizimini takiben yapıldı (**Şekil 26**). Tüm hastaların tüm tetkiklerinde incelenen ultrason parametreleri ve kullanılan transdüser çekimler arası farklılık oluşmasına sebebiyet vermemesi için aynı tutulmuştur. Tetkik edilen hastanın USG görüntüleri hastane PACS (Picture Archiving and Communication Systems - Görüntü Saklama ve İletişim Sistemleri) sistemine kaydedilmiş olup daha sonra incelemek ve analiz etmek için PACS sisteminde muhafaza edilmiştir.

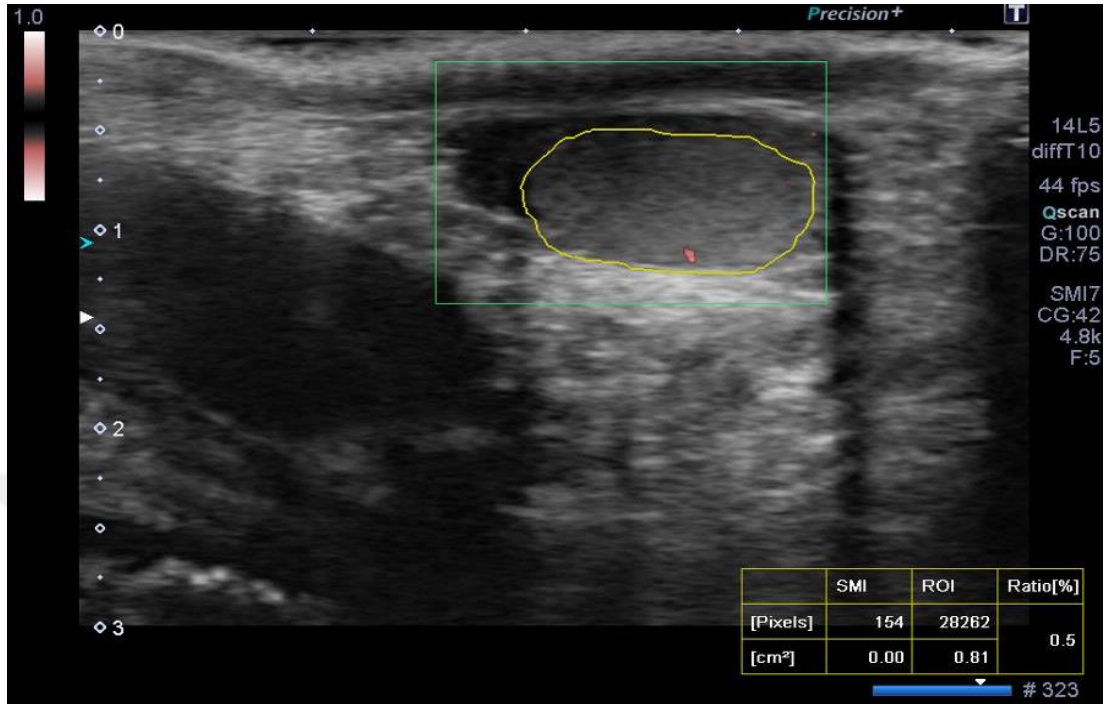


Şekil 25: SWE incelemesinde aynı testisin kPa ve m/s cinsinden ölçümleri

3.3. İstatistiksel Analiz

Elde olunan verilerimizin istatistiksel analizi için IBM SPSS Statistics 22.0 istatistik programı kullanıldı. Çalışmamızda elde edilen verilerin aritmetik ortalama

ve standart sapma gibi değerlerinin incelenmesi için betimleyici istatistiksel yöntemlerden faydalanılmıştır.



Şekil 26: SMI incelemesinde VI ölçümü

Ameliyat olan taraftaki testisler ve karşı testislerin kendi aralarında değerlendirilmesinde SWE (kpa, m/s) ve SMI (VI) değerlerinin ortalamaları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının araştırılması için tekrarlanan ölçümlerde ANOVA (Repeated Measures ANOVA) yöntemi uygulanmıştır. Bu sayede preoperatif ve postoperatif dönemlerde herni tarafındaki testis grubu ile sağlam taraftaki testis grubunun ortalamalarının kendi içerisindeki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı belirlenmiştir. Farklı grupların karşılaştırılması, kontrol incelemelerin karşılaştırılmasında, grupların ortalamaları arasındaki farklılıkların önemliliğinin araştırılması için ise istatistiksel yöntemlerden olan t-testlerinden faydalanılmıştır. İstatistiksel yöntemlerde elde olunan sonuçlarda $p < 0.05$ değeri anlamlı olarak kabul edilmiştir.

4. BULGULAR

Çalışmaya 44 tane tek taraflı inguinal hernisi olan erkek çocuk dahil edildi. Çocukların yaş ortalamaları 3.8 olarak hesaplandı(min-max:0-10). Çocukların 28 tanesinde inguinal herni sağ tarafta, 16 tanesinde sol taraftaydı(Tablo 6).

Tablo 6: Hastaların yaş ortalaması ve herni tarafına göre dağılımı

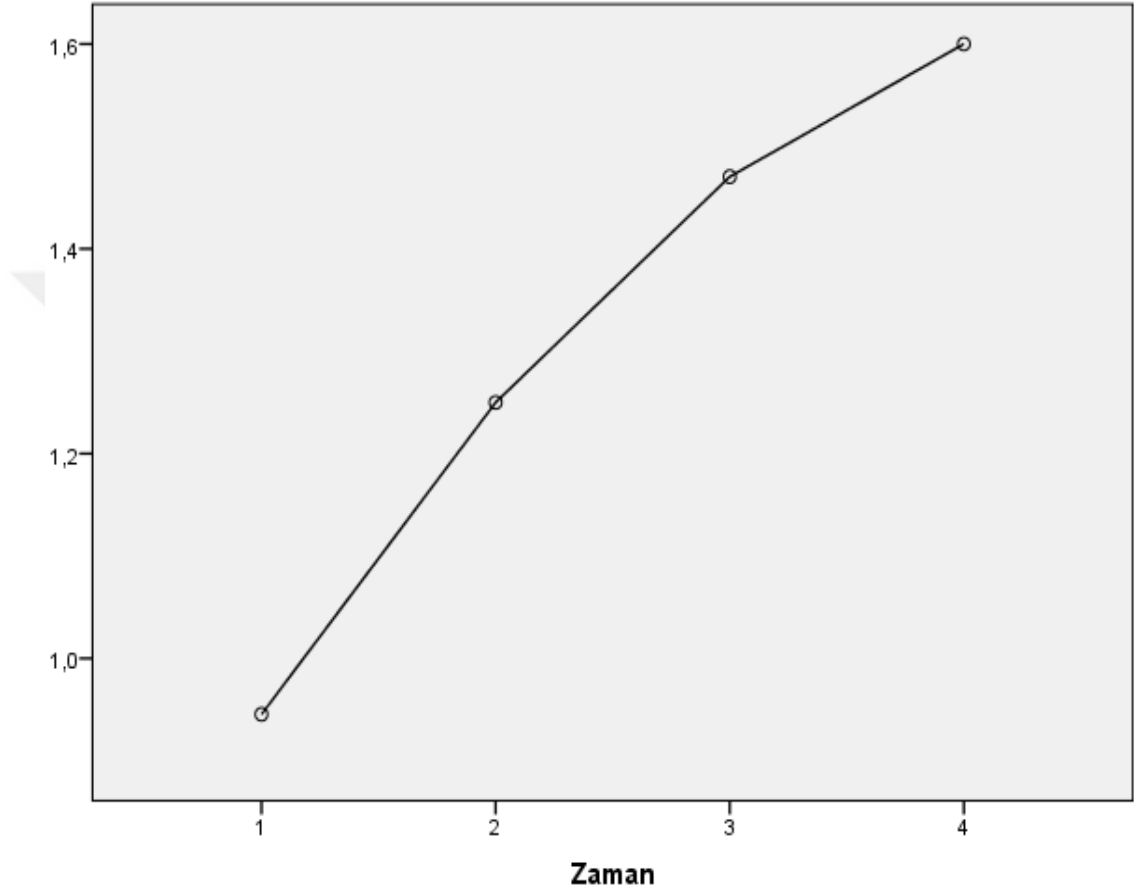
Yaş Ortalaması(min-max)	3.8(0-10)
Herni tarafı(yüzde)	Sağ:28(%64)
	Sol:16(%36)

44 sağlam testis, 44 hasta testis değerlendirildi. Tüm kontrollerde elde olunan değerlerin ortalama, max-min, standart sapma, değerleri hesaplandı ve tanımlayıcı istatistikler tablosunda gösterildi (Tablo 7).

Tablo 7: Tanımlayıcı istatistikler

			Ölçüm			
			Ortalama	Maximum	Minimum	Std.Sapma
Sağlam Taraf	Preop	kpa	7,31	10,00	3,50	1,53
		VI	1,53	3,50	,80	,56
		m/s	1,47	1,80	1,00	,20
	Post1	kpa	7,27	12,00	3,60	1,61
		VI	1,57	3,00	,80	,50
		m/s	1,47	2,00	1,00	,21
	Post3	kpa	7,10	12,00	3,90	1,54
		VI	1,55	2,60	,80	,42
		m/s	1,44	2,00	1,00	,21
	Post6	kpa	7,05	14,00	3,80	1,69
		VI	1,60	2,40	1,00	,25
		m/s	1,42	2,80	,90	,42
Herni Tarafi	Pre	kpa	7,93	11,50	4,80	1,90
		VI	,95	2,00	,50	,33
		m/s	1,56	1,95	1,10	,23
	Post1	kpa	7,65	11,00	4,50	1,59
		VI	1,25	2,30	,70	,37
		m/s	1,53	1,90	1,20	,18
	Post3	kpa	7,47	10,60	4,00	1,56
		VI	1,47	2,50	,80	,39
		m/s	1,49	1,81	1,10	,18
	Post6	kpa	7,18	10,50	4,00	1,54
		VI	1,60	2,70	,90	,40
		m/s	1,46	1,90	1,10	,19

Herni tarafında olan hasta testisin değerlendirilmesinde; preoperatif ve postoperatif 1-3-6. aylarda yapılan görüntülemelerde VI değerleri arasında anlamlı olarak farklılıkların izlendiği ve VI değerleri preoperatif ve postoperatif kontroller arasında istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklılık göstermektedir (Şekil 27).



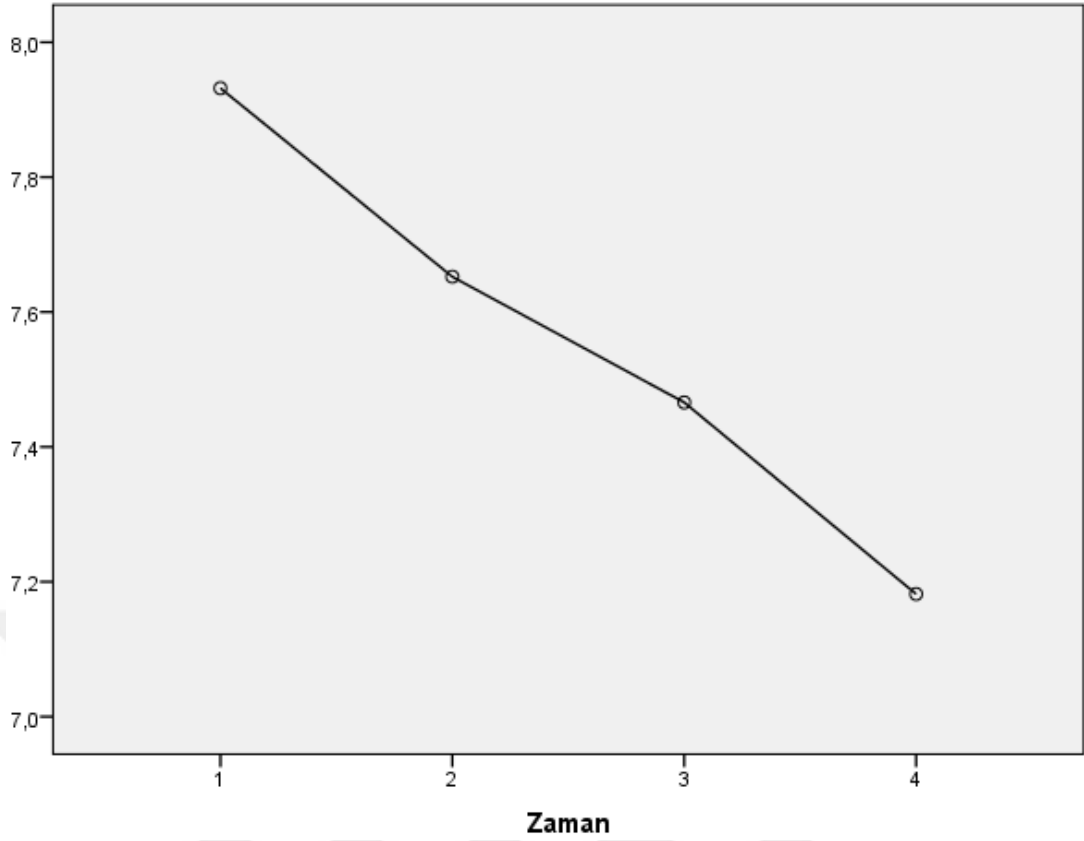
Şekil 27: Herni tarafı testiste VI değerlerinin kontrollere göre değişimi

Herni tarafı testiste tüm dönemlerde ölçülen VI değerleri birbirinden anlamlı düzeyde farklılaşmaktadır (Tablo 8). Tablo grafikte beraber değerlendirildiğinde artış ivmesinin en fazla ameliyat öncesi ile Postoperatif 1. ay arasında olduğu görülmektedir. Daha sonra artış ivmesi devam etmekte ancak yavaşlamaktadır. Artış ivmesinin en düşük olduğu aralık ise Postoperatif 3. ile 6. ay arasındaki dönemde olduğu

Tablo 8: Herni tarafı testiste ölçülen VI değerlerinin karşılaştırılması

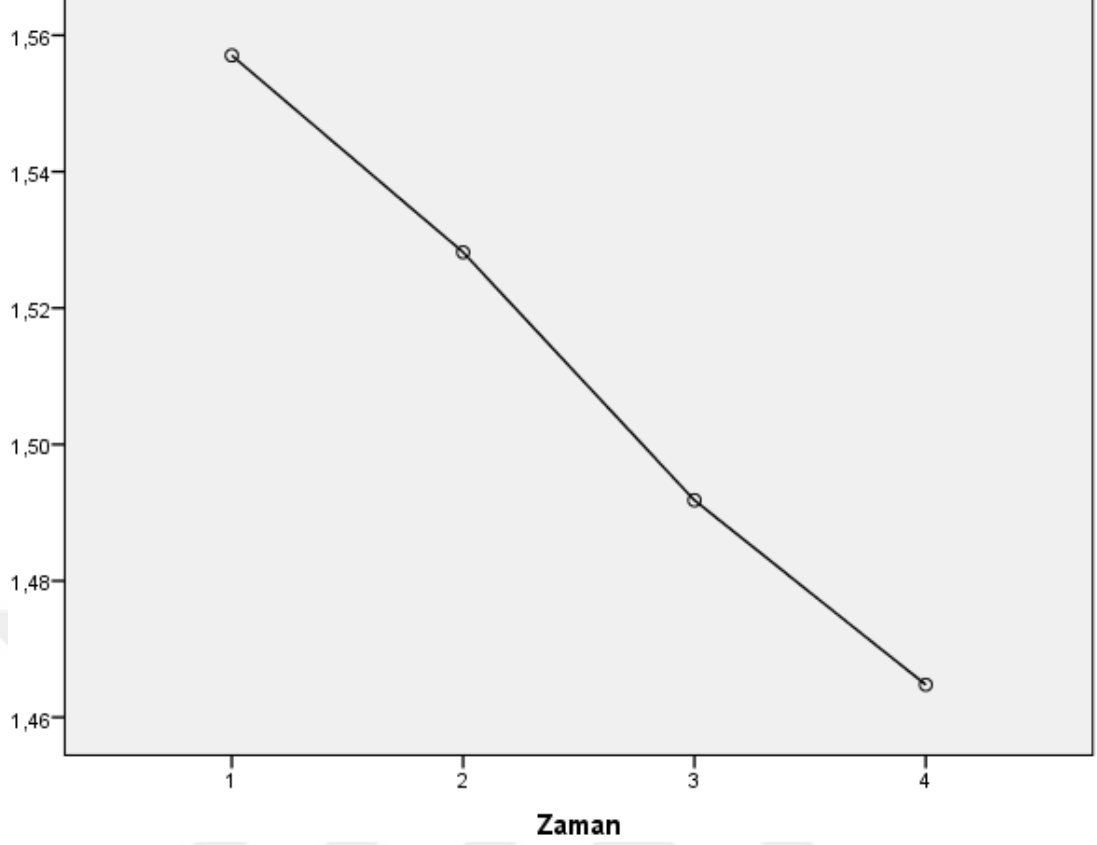
(I) Zaman	(J) Zaman	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig. ^b	CID	
					Lower Bound	Upper Bound
Pre	Post1	-,305*	,040	,000	-,415	-,194
	Post3	-,525*	,039	,000	-,632	-,418
	Post6	-,655*	,038	,000	-,759	-,550
Post1	Pre	,305*	,040	,000	,194	,415
	Post3	-,220*	,026	,000	-,292	-,149
	Post6	-,350*	,030	,000	-,434	-,266
Post3	Pre	,525*	,039	,000	,418	,632
	Post1	,220*	,026	,000	,149	,292
	Post6	-,130*	,018	,000	-,179	-,080
Post6	Pre	,655*	,038	,000	,550	,759
	Post1	,350*	,030	,000	,266	,434
	Post3	,130*	,018	,000	,080	,179

Preoperatif ve postoperatif 1-3-6. aylarda yapılan incelemelerde SWE ölçümlerinde elde olunan kPa ve m/s değerlerinin preoperatif ve postoperatif kontroller arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermektedir (**Şekil 28, 29**).



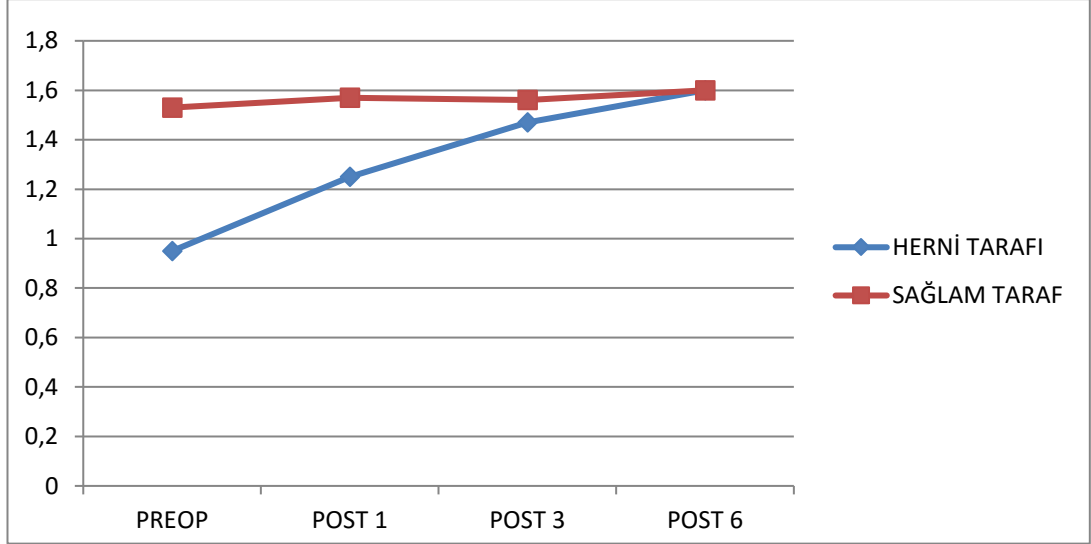
Şekil 28: Herni tarafı testiste kPa değerlerinin kontrollere göre değişimi

Preoperatif dönem ile post3 ve post 6 dönemleri arasında, post1'le sadece post6 dönemi arasında, post3'e göre pre ve post6 dönemleri arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır. Post6 ise tüm dönemlerle istatistiksel olarak anlamlı bir fark oluşturmaktadır. Ameliyat ve sonrası süreçte kpa değerleri açısından birbirine en çok yaklaşan dönemler Post1 ile Post3 iken, en fazla fark Pre ile Post6 arasında olmuştur. Grafikten de anlaşılacağı üzere zaman içinde kpa ve m/s değerlerinde bir düşüş gözlemlenmektedir.



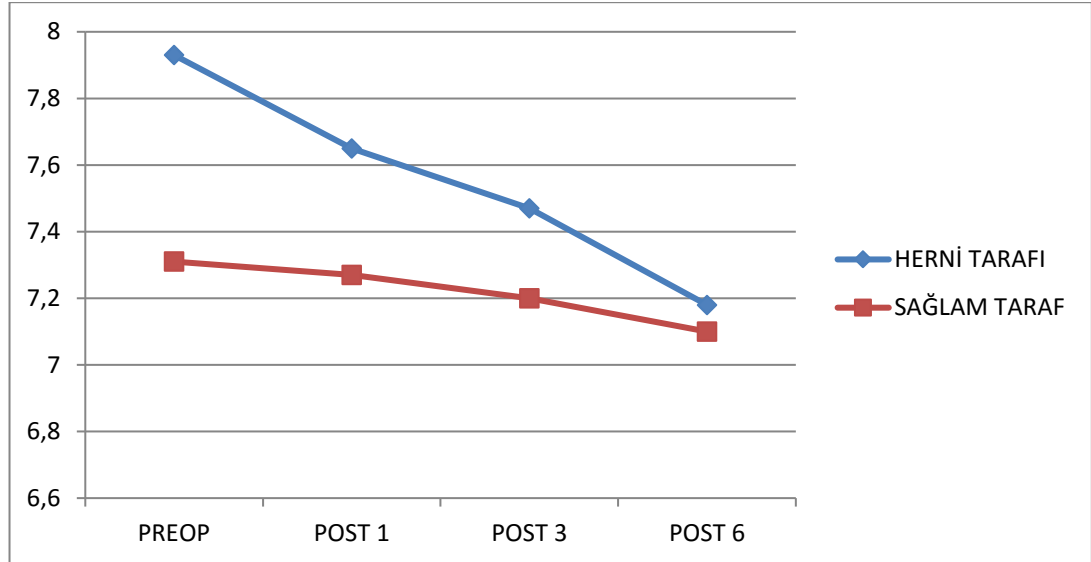
Şekil 29: Herni tarafı testiste m/s değerlerinin kontrollere göre değişimi

Sağlam testislerin preoperatif ve postoperatif kontrol incelemelerinde birbiri içerisinde kPa, m/s ve VI değerlerinde anlamlı farklılık saptanmamıştır ($p > 0.05$). Herni tarafı ile sağlam taraf testislerin VI değerlerinin karşılaştırılmasında herni tarafındaki testislerin VI değerlerinin progresif bir şekilde arttığı, sağlam taraftaki testislerin VI değerlerinin ise stabil seyrettiği izlenmiştir. Postoperatif 6. Ayda yapılan kontrollerde herni tarafındaki testislerin ortalama VI değerlerinin sağlam taraftaki testislerin ortalama VI değerlerine ulaştığı gözlemlendi (**Şekil 30**).



Şekil 30: Herni tarafı/Sağlam taraf VI ortalamasının karşılaştırılması

Herni tarafı ile sağlam taraf testislerin kPa ve m/s değerlerinin karşılaştırılmasında herni tarafındaki testislerin kPa değerlerinin progresif bir şekilde azaldığı, sağlam taraftaki testislerin kPa ve m/s değerlerinin ise stabil seyrettiği izlenmiştir. Postoperatif 6. Ayda yapılan kontrollerde herni tarafındaki testislerin ortalama kPa ve m/s değerlerinin sağlam taraftaki testislerin ortalama kPa ve m/s değerlerine en yakın dönem olduğu izlendi (Şekil 31).



Şekil 31: Herni tarafı/Sağlam taraf kPa ortalamasının karşılaştırılması

Daha sonra herni tarafındaki testislere yönelik yapılan analizde, inguinal herninin bulunduğu yere göre sağ ve sol olmak üzere iki grup oluşturuldu. Ölçüm yapılan VI, kPa ve m/s değerlerinde gruplar arasında anlamlı farklılık izlenmedi($p>0.05$).



5. TARTIŞMA

İnguinal herniler, çocuklarda sık görülmesi ve tedaviye geç kalındığı takdirde morbid ve mortal olabilecek komplikasyonları bulunan bir hastalık olması nedeniyle önemli sorunlardan biri olmaya devam etmektedir(80). Pediatrik inguinal hernilerin tamamına yakını indirekt tip olup herninin oluşumu, testis inişiyile ilgili olduğundan dolayı erkeklerde 5-20 kat daha sık görülmektedir. Çocuklarda saptanan inguinal hernilerin %60'ı sağda, %30'u solda görülmektedir. %10-20 bilateral görülür. Bizim araştırmamızda ise 44 hastamızdaki inguinal herni dağılımı; 28'inde(%64) sağ tarafında, 16'sında(%36) sol tarafında olup literatür ile uyumluydu. Genelde bilateral görülme sıklığı düşük doğum ağırlıklı bebeklerde ve prematürelere artmış olup yaklaşık %50'dir. Sağ testisin sola göre skrotuma daha geç inmesi ve bundan dolayı sağdaki prosesus vaginalisin daha geç kapanması sağda daha fazla görülmesinde suçlanan nedenlerdir (81). Bu sebepten dolayı tam kapanmamış bir prosesus vaginalis potansiyel bir inguinal herni demektir. Herni kesesinde duruma göre abdominal organların bulunması, mezenterik yağlı dokuların bulunması veya periton sıvısının dolması ile herni ve/veya hidrosel belirginleşir.

Preoperatif komplikasyonlar; herninin testiküler kanlanmayı bozarak atrofiye, barsak pasajını bozup ileusa, inkarserasyona, herniye dokuların kan dolaşımının bozulmasına (strangülyasyon) neden olabilir. Strangülyasyon, en ciddi komplikasyondur, mortalite ve morbiditeyi arttırmaktadır (82). İnkarsere inguinal hernilerin 2/3'ü ilk yaş içinde görülmekte olup ilk 6 ayda strangülyasyon riski en yüksektir. İnguinal hernisi olan çocuklarda yapılan çalışmalarda testis atrofisinin etyolojisinde inkarserasyonun rolünün büyük olduğu dikkati çekmektedir (83). Ancak herni kesesinde inkarserasyonun olmaması testis atrofisi gelişmeyeceği anlamına gelmemektedir. Bu gibi nedenler özellikle 1 yaşından küçük çocuklarda daha önemli olmakla birlikte tüm pediatrik popülasyonda inguinal herninin erken tanısını daha önemli hale getirmektedir. Herni kesesinde genelde kolon, ince barsak, omentum, apendiks, meckel divertikülü gibi yapılar görülebilmektedir.

Çocuklarda PPV en çok suçlanan etkenlerden olup açık kalan prosesus vaginalis inguinal kanaldan geçerken testiküler dokulara çok yakın seyretmektedir bundan dolayı intraoperatif olarak vas deferensin ve inguinal bölgedeki sinirlerin

kesilmesi, spermatik kord hasarı, herni kesesinde bulunan yapıların yaralanması ve vasküler yaralanmalar gerçekleşebilmektedir. Testiküler arter yaralanmasında testisin skrotumdan diseksiyonu yapılmamış ise mevcut kollateral dolaşımdan dolayı testiste genellikle nekroz görülmemektedir (84). Kollateral yapılar, prostatik ve vezikal arter dalları ile eksternal ve internal pudental arterlerin skrotal dalları arasında oluşum göstermektedir. Eğer operasyon sırasında testis skrotumdan diseke edilirse iç spermatik arterin yaralanmasına sebebiyet vereceği için postoperatif dönemde testiste atrofi veya nekroza neden olmaktadır(85). Postoperatif komplikasyonların asgari seviyeye indirilmesi de çok önemlidir.

Postoperatif komplikasyonlarda ise erken dönemde testis ödemi görülebilmekte olup genelde nedeni anulus inguinal profundusun spermatik kord etrafında sıkı şekilde kapatılıp vasküler ve lenfatik ağların drenajının zorlaşmasıdır. Daha nadir olarak da herni kesesinin diseksiyonu sırasında venöz/lenfatik damarların hasar görmesi ve pampiniform pleksus trombozu testis ödemine neden olmaktadır. Takiplerde kollateral yapıların gelişmesine bağlı olarak gerilemektedir. Seroma da erken postoperatif komplikasyonlardan olup genelde 15-20 gün içinde gerilemektedir.

Geç dönemde ise en sık nüks herni, hidrosel, sinir kesisine sekonder nöroma gelişebilmektedir. Testiküler atrofi ise genellikle postoperatif oluşan testis ödeminden sonra gelişmektedir. Testiküler kan akımının engellenmesi genelde preoperatif mekanik basıya sekonder beklenmektedir ancak intraoperatif herni onarımının spermatik kord yapılarına zarar vermesi veya sıkıştırması sonucu da olabilir (86). Ancak önemli bir husus da primer veya kollateral kan dolaşımı zarar görmeyen herni onarımında da testiküler atrofi görülebilmektedir (9). Testis atrofisine genelde geç tanı konulmakta olup testisin düzeltilmesi için spesifik bir tedavi modalitesi bulunmamaktadır. Atrofiye giden hastalarda testiküler yetmezlik durumunda testosteron tedavisi kullanılmaktadır.

Günlük pratikte hastalar postoperatif değerlendirilirken başta nüks herni değerlendirilmektedir. Testise ait komplikasyonlarda genellikle belirgin spesifik bir semptom, muayene bulgusu bulunmamaktadır, dolayısıyla gözden kaçabilmektedir.

Ancak anatomik yakınlıktan dolayı inguinal herni onarımında testiküler komplikasyonlar önem taşımaktadır.

Testis maturasyonu ve fonksiyonları için kan akımının stabil olması gerekmektedir. Çeşitli patolojik süreçler ile testis kan akımının azalması zaman içinde iskemiyi ve testis hasarını beraberinde getirir. Postoperatif testiküler kan akımı, hormonal değişiklikler ve testis volümü, inguinal herni ile ilgili tekniklerin karşılaştırılmasında birçok çalışmanın ana temasını oluşturmaktadır. Literatürde yapılan çalışmalarda postoperatif iskemik orşit ve testis atrofisi gibi komplikasyonların görülme insidansı %3-4'e varmaktadır (87). Çalışmaların bazılarında erken dönemde, bazılarında ise geç dönem takiplerinde eksiklik bulunmaktadır. Bu durumun nedenleri başta hastaların kontrol muayenelerine katılmaması veya araştırmacıların uzun dönem takibe gerek görmeden araştırmayı sonlandırmalarıdır.

Testis kanlanmasının değerlendirilmesinde doppler modalitelerini karşılaştıran bir çalışmada; SMI'nın PDUS ve RDUS'a göre testis kanlanmasının değerlendirilmesinde daha üstün bir modalite olduğu gösterilmiştir (66). Literatürde inguinal herni operasyonu sonrası postoperatif dönemde testis kanlanmasını değerlendiren çalışmalar bulunmaktadır. Testiküler arter en uzun seyirli organ spesifik arterdir. Buna bağlı olarak gerek inguinal bölge, gerek abdominal bölge ameliyatlarında yaralanma ihtimali de artmaktadır. İnguinal hernisi olan bireylerde testis kanlanmasının değerlendirildiği doppler çalışmalarının çoğunluğu RDUS ve PDUS'a ait olup SMI ile ilgili çalışma 1 tanedir. Bu çalışmada inguinal herni ameliyat teknikleri karşılaştırılmıştır. Hastalar ameliyat tekniklerine göre 2 gruba ayrılmış ve SMI kullanılarak RI değerleri ölçülmüş, preoperatif ve postoperatif RI değerleri arasında anlamlı farklılık bulunmuş ancak ameliyat teknikleri arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır (88). Diğer çalışmalar konvansiyonel doppler teknikleri ile ilgili yapılmıştır.

6500 hasta bulunan bir çalışmada, inguinal herni ameliyatında gelişen vasküler yapılara ait trombozun, spermatik kordda meydana gelen cerrahi travmaya bağlı sekonder geliştiğini saptanmıştır (89). 8500 infertil erkek hastaya yönelik yapılan retrospektif çalışmada ise; yapılan değerlendirmede hastaların 565

(%6.65)'inde geçmişte inguinal herni operasyonu geçirdiğini saptamışlardır. Testis atrofisine gidenler ile gitmeyen grup karşılaştırılmış, atrofiye giden grupta sertoli hücrelerinde belirgin azalma ve atrofiye sekonder Folikül stimulan hormon (FSH) yüksekliği saptanmış olup gruplar arasında leydig hücre ve lüteinizan hormon (LH) seviyesi açısından anlamlı fark bulunmamıştır (90, 91). İnfantlara yönelik yapılan bir çalışmada ameliyat sonrası takip edilen olguların takip USG'lerinde hastaların testis hacimleri değerlendirilmiş olup %6'sında; %25-50 oranında küçülme, %0.6'sında %50'den fazla hacim kaybı bildirilmiştir (92).

Beddy ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada; çocuklarda inguinal herni operasyonu sonrası testis değerlendirmesinin oluşabilecek testiküler patolojilerin gerçek insidansının ortaya çıkması için postpubertel dönemde yapılmasının daha doğru olacağı sonucuna varmışlardır(93). Jequier yaptığı bir çalışmada obstruktif azospermiden dolayı takip ettiği 102 hastanın 5'inde çocukluk çağında inguinal herniden operasyon geçirdiğini söylemiştir (94).

Literatürde yapılan çalışmalarda inguinal herniye yönelik ameliyat tekniklerinin de testisler üzerine etkisi araştırılmış olup açık yöntem ile laparoskopik yöntem karşılaştırılmıştır. Laparoskopik onarımda inguinal bölge diseksiyonu yapılmadığı için postoperatif testiküler atrofi olasılığının da buna sekonder azaldığı iddia edilmekte olup buna yönelik yapılan çalışmalarda testiküler atrofi oranının laparoskopik yöntemde %0.2 civarında olduğu belirtilmektedir(95). Bir diğer çalışmada ise tek taraflı inguinal hernisi olan 82 hastada açık ve kapalı operasyonlar karşılaştırılmıştır. Hastalara preoperatif ve postoperatif anti sperm antikör ve RDUS (pik sistolik hız, end diastolik volüm ve RI) ölçümleri yapılmış. Açık ameliyatlarda grupta anti sperm antikorda postoperatif anlamlı yükselme izlenmiş, kapalı ameliyatlarda grupta ise komplikasyon gelişmeyenlerde anlamlı farklılık bulunmamıştır. Doppler parametrelerinde ise kapalı ameliyat olan grupta normalizasyonun daha hızlı olduğu gösterilmiştir (96).

Erişkinlerde yapılan bir çalışmada inguinal herni nedeniyle ameliyat olan hastaların ameliyat yöntemlerinin karşılaştırılmasında testiküler akımı ve RI'yı değerlendirmiş ve RI yüksekliğinin oligoazospermi ile ilişkisi bulunmuştur. Ancak testiküler volümde anlamlı değişiklik görülmemiştir. Sonuç olarak V- maks ve

RI'nın spermatogenezde etkili olabileceği söylenmiş ve V-maks yükselmesinin ise spermatogenezin bozulmasına neden olduğu sonucuna varmışlardır (97). Postoperatif testis değerlendirilmesinde de doppler modaliteleri geçmiş çalışmalarda kullanılmıştır. Yapılan bir çalışmada disspermi olgularında; V-maks, end diastolik akım, RI, FSH ve testikuler volüm değerlendirmesi yapılmış, V-maks, RI ve end diastolik akımın subfertil hastalarda, FSH ve testikuler volümden daha değerli olduğunu göstermiştir(98). Beddy ve arkadaşları ise inguinal herni nedeniyle opere olan 37 hastadan oluşan prospektif bir çalışma yapmış, RDUS ve serum testikuler hormon analizlerini incelemiştir. İnguinal hernisi olan hastaların herni tarafındaki testisin yüksek vasküler dirence sahip olduğunu bunun ameliyat sonrası gerilediğini bulmuştur. İnguinal hernilerin, testikuler kan akımında bozulmaya neden olacağından dolayı fertilitede azalmaya neden olabileceğini bildirmişlerdir(99). Tek taraflı inguinal hernisi olan 51 çocuk hasta ile yapılan bir çalışmada doppler USG ile erken ve geç dönemde testikuler kan akımı pik sistolik hız, end diastolik hız ve RI kullanarak değerlendirilmiştir. Pik Sistolik hız erken dönemde RI ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Geç dönem değerlendirmede ise pik sistolik hız, end diastolik hız ve RI preoperatif dönemle karşılaştırıldığında normal olarak kaydedilmiştir. Çocuklarda inguinal herni operasyonlarında testis kan akımının erken dönemde değişikliğe uğrayabildiği ancak geç dönemde normale dönüş gösterdiği sonucuna varmışlardır (100).

Literatürde yapılan bir çalışmada unilateral inguinal hernisi bulunan 48 hastanın bilateral testisi preoperatif skrotal doppler USG ile değerlendirilmiş ve herni olan taraftaki testisin volüm olarak daha büyük olduğu ve intratestikuler arterlerin RI'sının karşı tarafa göre anlamlı olarak daha büyük olduğu gözlemlenmiştir. Bu durumun inguinal kanal içerisinde yer alan funiculus spermaticusa olan mekanik kompresyon kaynaklı olabileceği sonucuna varılmıştır (101).

Tuncer ve ark yaptığı çalışmada; tek taraflı inguinal herni, kord kisti ve hidroseli olan 23 çocuğun preoperatif ve postoperatif RDUS ile testis kanlanması ve testis hacmi kontralateral testisle karşılaştırılmıştır. Preoperatif, erken ve geç postoperatif dönemde herni olan testisle karşı testis arasında hacim olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır. Ancak testis kanlanmasının özellikle sağ taraf herni olan çocuklarda preoperatif değerlendirmede kontralateral testise göre anlamlı olarak

azaldığını, postoperatif dönemde ise her iki testis arasında testis kanlanması açısından anlamlı farklılık bulunmadığını bildirmişlerdir (102).

Bizim çalışmamızda preoperatif ve postoperatif 6 aylık dönemde VI ölçümü yapıldı. Kantitatif olarak testis kanlanması değerlendirildi ve bu sebeple kontrollerdeki farklar görüldü. Herni tarafındaki testiste tüm dönemlerde ölçülen VI değerleri birbirinden anlamlı düzeyde farklılaşma göstermekteydi. Artış ivmesinin en fazla preoperatif ve postoperatif 1.ay arasında olduğu görüldü. Bu sonuç preoperatif dönemde mekanik basıya maruz kalan vasküler yapıların testis kanlanmasında azalmaya neden olduğundan dolayı neoanjiogeneze yönelik büyüme faktörlerinin salınımının artışına sekonder gerçekleşmiş olabilir. Postoperatif 1.aydan sonra ise artış ivmesi yavaşlamakta ve en düşük artış hızı postoperatif 3. ile 6.ay arası dönemde olmaktadır. Her iki testisin ortalama VI değerleri postoperatif 6. ayda eşitlenmişti. Literatürdeki bazı çalışmalarda tek taraflı testis kanlanmasının bozulmasının diğer testisin kanlanmasını etkilediği söylenmiştir. Testis torsiyonuyla ilgili yapılan bir çalışmada testis kanlanmalarının birbirinden etkilendiği söylenmiş, detorsiyon sonrası reperfüzyon hasarının karşı sağlam testiste arteriyel kan akımında azalmaya yol açtığı ve buna sekonder testis fonksiyonlarını azaltıp infertiliteye yol açabileceği bildirilmiştir(103). VI değerlerinin 6.ayda eşitlenmesi de bu çalışmaların bizim bulgularımızı desteklediğini göstermektedir. 6 hastamızda ise herni tarafındaki testisin VI değerlerinin postoperatif değerlendirmede karşı sağlam testise göre daha fazla olduğunu tespit ettik ve bu durumun neoanjiogeneze sekonder olduğunu düşündürmüştür.

SWE ile preoperatif ve postoperatif 6 ay boyunca herni tarafının ve karşı sağlam tarafın kPa ve m/s değerleri ölçüldü ve karşılaştırıldı. Literatürde yapılan çalışmalarda inguinal hernisi olan çocukların testislerine yönelik yapılmış SWE ile ilgili çalışma bulunmamaktadır. Ancak bizim çalışmamızla benzer yönleri bulunan çalışmalardan bahsetmek istedik. Deneysel bir araştırmada testiküler arter büyümesi kısıtlanmış deneklerde; testislerin boyutları ve doku histolojisi takiplerinde testisin hipoplaziye uğradığı ve spermatogenezin azaldığı, bazı deneklerde ise olmadığı gösterilmiştir. Bu olgularda dikkat çeken diğer bir ayrıntı ise testis interstisyel dokusunun testis parankiminden daha fazla olduğu görülmüştür (104). Bu durum bizim çalışmamızda SWE değerlerinin herni tarafındaki testiste karşı sağlam testise

göre daha yüksek olmasını destekler niteliktedir. Bizim çalışmamızda herni tarafındaki testiste preoperatif SWE değerleri karşı taraf sağlam testise göre daha yüksekti. Postoperatif değerlendirmede ise herni tarafındaki testiste kontrollerde SWE değerlerinde düşüş gözlemlenmekte olup 6 aylık kontrol sürecinde herni tarafındaki testislerin SWE değerlerinin ortalaması sağlam taraftaki testislerin ortalamasına yaklaşılmaktaydı ancak ortalamalar arasında VI değerlerinde olduğu gibi eşitlik sağlanmadı. Herni tarafındaki testisin SWE değerleri sağlam tarafa göre daha yüksekti, herni tarafı testis dokusu her zaman daha sertti. Bu durumun testislerde olası interstisyel doku artışını, parankimal azalmayı işaret ediyor olabileceğini düşündük. Ancak hastalarda uzun süreli takip olmadığı için parankimal fibrozis ile ilgili net bir bilgi verememekteyiz. İlerleyen dönemde SWE değerleri normale dönebilir. Hidroseli olan infantlar üzerine yapılan çalışmada, hidroselle birlikte artmış hidrostatik basıncın testis yapısını bozduğu, testislerde ısı artışına yol açtığı ve testis dokusunun sertleşmesine neden olduğu düşünülmüş ve SWE değerlerinde kontrol grubuna göre yüksek değerler elde edilmiştir(105).

İnmemiş testis üzerine yapılan bir çalışmada ise unilateral inmemiş testisi bulunan hastalarda testis hacminin infertilite açısından gelecekteki sonuçları tahmin etmek için güvenilir bir parametre olmadığı belirtilmiştir. Germ hücre sayısında, seminifer tübüllerin boyutunda progresif azalma ve buna sekonder peritübüler fibroz dokunun artış göstermesi sonucu testislerin sertleştiğini, yapılan SWE incelemesinde ise elde olunan değerlerin normal testis ile karşılaştırıldığında anlamlı olarak yüksek olduğunu göstermişlerdir (106). Literatürdeki çalışmalarda testis hacminin interstisyel fibrozisin derecesini değerlendirmede yararlı bir parametre olup olmadığı konusunda net bir konsensus bulunmamaktadır (107, 108).

Yüksek SWE değerleri, interstisyel fibrozisin ciddiyetini yansıtmak için testis hacminden daha güvenilir bir parametre olabilir. Varikoseli olan hastalarda testiste venöz göllenmeye sekonder testis sıcaklığının arttığı, spermatogenezin ve testis kanlanmasının bozulduğu izlenmiştir. Yapılan histopatolojik çalışmalarda varikoseli olan testislerde seminifer tübüllerde çap azalması, peritübüler fibrozis ve leydig hücre atrofisi gibi sonuçlar bildirilmiştir (109). Bir diğer varikoseli bulunan hastalar ve kontrol grubuna yönelik yapılan SWE çalışmasında; varikoseli olan hastalarda

kontrol grubuna göre SWE değerlerinde anlamlı yükseklik görölmüş, varikozel şiddetine göre de SWE değerlerinin arttığı bildirilmiştir (110).

Limitasyonlar; hasta sayımızın daha fazla olması bize daha farklı, daha anlamlı sonuçlar verebilirdi. Ayrıca ortalama SWE değerleri hasta ve kontrol grubu testislerde kontrol incelemelerde ortalama SMI değerleri gibi eşitlenmemekteydi. Bu durumun fibrozise sekonder olabileceği düşünölebilir ancak bununla ilgili yorum yapabilmek için literatürdeki çalışmaları da göz önünde bulundurursak, hastaların herni sürelerinin bilinmesi bu durumda önem arz etmekte ve testis fibrozisini değerlendirmek için daha uzun kontrol süreleri gerekmektedir. Ancak SWE değerleri şüphe duyulan hastalarda takip için fikir vermektedir. Farklı yaşlarda hastalarımız mevcuttu ancak hasta sayımız az olduğu için farklı yaşlar arasında SMI ve SWE değerlerinde olabilecek farklılıkları saptayamadık. Hastalarımız aynı ameliyat tekniğiyle ameliyat oldular, farklı tekniklerle ameliyat olan hastalarda farklı sonuçlar gelişebilir.

6. SONUÇ

Son yıllarda rutin kullanıma giren doppler modalitesi olan SMI testisin vasküler yapılarının değerlendirilmesi için en iyi görüntüleme tekniğidir. Pediyatrik popülasyonda, özellikle prepubertal çocuklarda testis kanlanması görülmesinin oldukça zor olduğu da göz önünde bulundurulursa SMI oldukça değerli bir modalitedir. Çalışmamızda inguinal hernisi olan çocuklarda SMI ve SWE modaliteleriyle testisleri değerlendirdik. Hastalarımızda herni olan taraftaki testisin inguinal herniye sekonder birtakım değişikliklere uğradığı görüldü. İnguinal hernisi olan çocuklarda testisler SMI ile literatürde ilk olarak VI ölçülerek değerlendirildi ve kantitatif analiz yapıldı. Herni tarafındaki testis vaskülaritesinin herniye sekonder azaldığı, postoperatif dönemde ise yükselme eğiliminde olduğu kantitatif olarak gösterildi. Ayrıca testiküler vasküler yapıların, spermatik kordun da bası altında olduğu buna sekonder SWE değerlerinde de herni tarafındaki testiste artış olduğu ve postoperatif dönemde azalma eğiliminde olduğu gösterildi. Burada dikkat edilmesi gereken bir nokta SWE değerleri karşı sağlam testisle karşılaştırıldığında SMI değerlerinde olduğu gibi ortalamalarının eşitlenmemesiydi. Bu durum basıya sekonder testiste gelişmiş fibrozisi işaret ediyor olabilir. Ayrıca intraoperatif ve postoperatif komplikasyonların değerlendirmesi de testis açısından önem arz etmektedir. Bu dönemlerde gelişebilecek komplikasyonlar ileri dönemde atrofi, infertilite olarak karşımıza çıkabilir. Gözlemlerimize ve literatürdeki verilere dayanarak, inguinal hernisi olan çocuklarda SWE ve SMI incelemelerinin testisin preoperatif ve postoperatif dönemde gözden kaçabilecek başta vasküler problemler olmak üzere testiküler komplikasyonlar için fizik muayeneyi tamamlayıcı olduğu kanaatindeyiz. Çocuklarda inguinal hernilerin preoperatif ve postoperatif testise etkisinin SMI ve SWE ile değerlendirilmesi, olası ileri dönem komplikasyonlarının saptanması için önemlidir. Ayrıca cerrahi öncesi ve sonrası bu değerlerin nasıl seyrettiğinin bilinmesi de yanlış değerlendirmelerin ve gereksiz tekrar müdahalelerin yapılmasının önüne geçilmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Harper RC, Garper A, Sia C. Inguinal hernia: a common problem of premature infants weighing 1,000 grams or less at birth. *Pediatrics* 1975;56:112-5.
2. Skinner MA, Grosfeld JL. Inguinal and umbilical hernia repair in infants and children. *Surg Clin North Am* 1993;73:439-49.
3. Ein SH, Njere I, Ein A. Six thousand three hundred sixty-one pediatric inguinal hernias: a 35-year review. *J Pediatr Surg* 2006;41:980-6.
4. Nilsson H, Stylianidis G, Haapamäki M, Nilsson E, Nordin P. Mortality after groin hernia surgery. *Ann Surg* 2007;245:656-60.
5. Namgoong JM, Choi WY. Reliability of Preoperative Inguinal Sonography for Evaluating Patency of Processus Vaginalis in Pediatric Inguinal Hernia Patients. *Int J Med Sci* 2019;16:247-52.
6. Ting AY, Huynh J, Farmer P, et al. The role of hepatocyte growth factor in the humoral regulation of inguinal hernia closure. *J Pediatr Surg* 2005;40:1865-8.
7. Burgmeier C, Dreyhaupt J, Schier F. Gender-related differences of inguinal hernia and asymptomatic patent processus vaginalis in term and preterm infants. *J Pediatr Surg* 2015;50:478-80.
8. Öberg S, Andresen K, Rosenberg J. Etiology of Inguinal Hernias: A Comprehensive Review. *Front Surg* 2017;4:52.
9. Sayek İ. *Temel Cerrahi: Güneş Tıp Kitabevi*; 2013.
10. Skandalakis JE. *Skandalakis' surgical anatomy: the embryologic and anatomic basis of modern surgery: PMP*; 2004.
11. Brunicaudi FC, Andersen DK, Billiar TR, et al. *Schwartz's Principles of Surgery, 10th edition: McGraw-Hill Education*; 2014.
12. Netter FH. *Atlas of human anatomy, Professional Edition E-Book: including NetterReference. com Access with full downloadable image Bank: Elsevier Health Sciences*; 2014.
13. Devlin H, Kingsnorth A. *Essential anatomy of the abdominal wall. Devlin Ed: H Brendan Devlin: Management of Abdominal Hernias* 1998;2:15-37.
14. Schoenwolf GC, Bleyl SB, Brauer PR, Francis-West PH. *Larsen's human embryology E-book: Elsevier Health Sciences*; 2014.
15. Vasdev N, Chadwick D, Thomas D. The acute pediatric scrotum: presentation, differential diagnosis and management. *Current urology* 2012;6:57-61.
16. Sadler TW. *Langman's medical embryology: Lippincott Williams & Wilkins Philadelphia*; 2006.
17. O'Neill JA. *Pediatric surgery: Mosby Incorporated*; 1998.
18. Tanyel FC. A reevaluation of the mechanism of testicular descent: reasons for failed descent or ascent. *Journal of Pediatric Surgery* 2000;35:1147-8.
19. Vikraman J, Hutson JM, Li R, Thorup J. The undescended testis: Clinical management and scientific advances. *Semin Pediatr Surg* 2016;25:241-8.
20. Mescher AL. *Junqueira's basic histology: text and atlas: McGraw-Hill Education*; 2018.

21. Gartner LP, Hiatt JL. Color textbook of histology e-book: Elsevier Health Sciences; 2006.
22. Langman's ST. Langman medikal embriyoloji 9. baskıdan çeviri. Prof Dr Başaklar AC Ankara, Palme Yayıncılık 2005.
23. Taşcı A. Testis torsiyonu sonrasında detorsiyon+ fiksasyon ve orşiektominin testisler üzerine etkilerinin deneysel olarak araştırılması: İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ 2019.
24. Pawlina W, Ross MH. Histology: a text and atlas: with correlated cell and molecular biology: Lippincott Williams & Wilkins; 2018.
25. Anafarta K, Baykara M, Baydınç C, Anafarta K. Ürogenital organların anatomik ve histolojik yapısı. Temel Üroloji Anafarta K, Göğüş O, Bedük Y, Arıkan N(Eds) Güneş Kitabevi, Ankara 1998:1-28.
26. Russell LD, Ettlin RA, Hikim APS, Clegg ED. Histological and histopathological evaluation of the testis. International journal of andrology 1993;16:83-.
27. Wein AJ, Kavoussi LR, Novick AC, Partin AW, Peters CA. Campbell-Walsh urology: expert consult premium edition: enhanced online features and print, 4-volume set: Elsevier Health Sciences; 2011.
28. Lorenzini F, Tambara Filho R, Gomes RPX, Martino-Andrade AJ, Erdmann TR, Matias JEF. Long-term effects of the testicular torsion on the spermatogenesis of the contralateral testis and the preventive value of the twisted testis orchiepididymectomy. Acta cirurgica brasileira 2012;27:388-95.
29. Ellis H, Mahadevan V. Clinical anatomy: applied anatomy for students and junior doctors: John Wiley & Sons; 2013.
30. Gillenwater JY. Adult and pediatric urology: Lippincott Williams & Wilkins; 2002.
31. Putz R, Pabst R. Sobotta-Atlas of Human Anatomy: Head, Neck, Upper Limb, Thorax, Abdomen, Pelvis, Lower Limb; Two-volume set 2006.
32. JAROW JP. Intratesticular arterial anatomy. Journal of andrology 1990;11:255-9.
33. Wishahi MM. Anatomy of the venous drainage of the human testis: testicular vein cast, microdissection and radiographic demonstration. A new anatomical concept. Eur Urol 1991;20:154-60.
34. Bamber J, Cosgrove D, Dietrich CF, et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 1: Basic principles and technology. Ultraschall Med 2013;34:169-84.
35. Sigrist RMS, Liao J, Kaffas AE, Chammas MC, Willmann JK. Ultrasound Elastography: Review of Techniques and Clinical Applications. Theranostics 2017;7:1303-29.
36. Greenleaf JF, Fatemi M, Insana M. Selected methods for imaging elastic properties of biological tissues. Annu Rev Biomed Eng 2003;5:57-78.
37. Garra BS. Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound. Ultrasound Q 2007;23:255-68.
38. Onur MR, Poyraz AK, Ucak EE, Bozgeyik Z, Özercan IH, Ogur E. Semiquantitative strain elastography of liver masses. J Ultrasound Med 2012;31:1061-7.
39. Shiina T, Nightingale KR, Palmeri ML, et al. WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 1: basic principles and terminology. Ultrasound in medicine & biology 2015;41:1126-47.

40. Simon EG, Callé S, Perrotin F, Remenieras J-P. Measurement of shear wave speed dispersion in the placenta by transient elastography: A preliminary ex vivo study. *PLoS one* 2018;13:e0194309.
41. Ozkan F, Yavuz YC, Inci MF, et al. Interobserver variability of ultrasound elastography in transplant kidneys: correlations with clinical-Doppler parameters. *Ultrasound Med Biol* 2013;39:4-9.
42. Havre RF, Elde E, Gilja OH, et al. Freehand real-time elastography: impact of scanning parameters on image quality and in vitro intra-and interobserver validations. *Ultrasound in medicine & biology* 2008;34:1638-50.
43. Dooley MM, Bamber JC, Fuechsel F, Bush NL. A freehand elastographic imaging approach for clinical breast imaging: system development and performance evaluation. *Ultrasound in medicine & biology* 2001;27:1347-57.
44. Ophir J, Céspedes I, Ponnekanti H, Yazdi Y, Li X. Elastography: a quantitative method for imaging the elasticity of biological tissues. *Ultrason Imaging* 1991;13:111-34.
45. Samir AE, Allegretti AS, Zhu Q, et al. Shear wave elastography in chronic kidney disease: a pilot experience in native kidneys. *BMC Nephrol* 2015;16:119.
46. Kato K, Sugimoto H, Kanazumi N, Nomoto S, Takeda S, Nakao A. Intra-operative application of real-time tissue elastography for the diagnosis of liver tumours. *Liver Int* 2008;28:1264-71.
47. Taljanovic MS, Gimber LH, Becker GW, et al. Shear-Wave Elastography: Basic Physics and Musculoskeletal Applications. *Radiographics* 2017;37:855-70.
48. Bercoff J, Tanter M, Fink M. Supersonic shear imaging: a new technique for soft tissue elasticity mapping. *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control* 2004;51:396-409.
49. Guibal A, Boularan C, Bruce M, et al. Evaluation of shearwave elastography for the characterisation of focal liver lesions on ultrasound. *Eur Radiol* 2013;23:1138-49.
50. Ferraioli G, Tinelli C, Zicchetti M, et al. Reproducibility of real-time shear wave elastography in the evaluation of liver elasticity. *European journal of radiology* 2012;81:3102-6.
51. Balleyguier C, Canale S, Hassen WB, et al. Breast elasticity: principles, technique, results: an update and overview of commercially available software. *European Journal of Radiology* 2013;82:427-34.
52. Di Leo N, Venturini L, de Soccio V, et al. Multiparametric ultrasound evaluation with CEUS and shear wave elastography for carotid plaque risk stratification. *Journal of ultrasound* 2018;21:293-300.
53. Nightingale K, Soo MS, Nightingale R, Trahey G. Acoustic radiation force impulse imaging: in vivo demonstration of clinical feasibility. *Ultrasound in medicine & biology* 2002;28:227-35.
54. Melodelima D, Bamber JC, Duck FA, Shipley JA. Transient elastography using impulsive ultrasound radiation force: a preliminary comparison with surface palpation elastography. *Ultrasound in medicine & biology* 2007;33:959-69.
55. Takahashi H. Liver biopsy: BoD—Books on Demand; 2011.
56. Seçil M. Temel ultrasonografi ve Doppler. Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir 2008.
57. Tuncel E. Klinik radyoloji: Nobel ve Güneş Tıp Kitabevleri; 2002.
58. Zwiebel WJ, Pellerito JS, Mihmanlı İ. Vasküler ultrasona giriş: İstanbul Medikal Yayıncılık; 2006.
59. Jiro. H. Seeing the unseen. New techniques in vascular imaging. Superb micro-vascular imaging. *Toshiba Med Rev.*2014. p. 1-8.

60. OF U. Juvenil Romatoid Artrit Tanılı Hastalarda Periartrikuler Yumusak Dokuların Superb Microvascular İmaging ve Shear Wave Elastografi ile Değerlendirilmesi: İstanbul Üniversitesi Tıp Fakültesi; 2018.
61. Pozniak MA, Zagzebski JA, Scanlan KA. Spectral and color Doppler artifacts. *Radiographics* 1992;12:35-44.
62. Alkhorri NA, Barth RA. Pediatric scrotal ultrasound: review and update. *Pediatr Radiol* 2017;47:1125-33.
63. Larché MJ, Seymour M, Lim A, et al. Quantitative power Doppler ultrasonography is a sensitive measure of metacarpophalangeal joint synovial vascularity in rheumatoid arthritis and declines significantly following a 2-week course of oral low-dose corticosteroids. *J Rheumatol* 2010;37:2493-501.
64. Artul S, Nseir W, Armaly Z, Soudack M. Superb microvascular imaging: added value and novel applications. *Journal of clinical imaging science* 2017;7.
65. Gabriel M, Tomczak J, Snoch-Ziólkiewicz M, Dzieciuchowicz Ł, Strauss E, Oszkini G. Comparison of Superb Micro-Vascular Ultrasound Imaging (SMI) and Contrast-Enhanced Ultrasound (CEUS) for Detection of Endoleaks After Endovascular Aneurysm Repair (EVAR). *Am J Case Rep* 2016;17:43-6.
66. Durmaz MS, Sivri M. Comparison of superb micro-vascular imaging (SMI) and conventional Doppler imaging techniques for evaluating testicular blood flow. *J Med Ultrason (2001)* 2018;45:443-52.
67. Gitto S, Messina C, Chianca V, et al. Superb microvascular imaging (SMI) in the evaluation of musculoskeletal disorders: a systematic review. *Radiol Med* 2020;125:481-90.
68. Zhan J, Diao X-H, Jin J-M, Chen L, Chen Y. Superb microvascular imaging—a new vascular detecting ultrasonographic technique for avascular breast masses: a preliminary study. *European journal of radiology* 2016;85:915-21.
69. Lu R, Meng Y, Zhang Y, et al. Superb microvascular imaging (SMI) compared with conventional ultrasound for evaluating thyroid nodules. *BMC medical imaging* 2017;17:1-6.
70. Lee DH, Lee JY, Han JK. Superb microvascular imaging technology for ultrasound examinations: Initial experiences for hepatic tumors. *European journal of radiology* 2016;85:2090-5.
71. He M-N, Lv K, Jiang Y-X, Jiang T-A. Application of superb microvascular imaging in focal liver lesions. *World journal of gastroenterology* 2017;23:7765.
72. Yokota K, Tsuzuki Wada T, Akiyama Y, Mimura T. Detection of synovial inflammation in rheumatic diseases using superb microvascular imaging: comparison with conventional power Doppler imaging. *Modern rheumatology* 2018;28:327-33.
73. Kim HK, O'Hara S, Je B-K, Kraus SJ, Horn P. Feasibility of superb microvascular imaging to detect high-grade vesicoureteral reflux in children with urinary tract infection. *European Radiology* 2018;28:66-73.
74. Kim W, Rosen MA, Langer JE, Banner MP, Siegelman ES, Ramchandani P. US–MR imaging correlation in pathologic conditions of the scrotum. *Radiographics* 2007;27:1239-53.
75. Atkinson Jr G, Patrick L, Ball Jr T, Stephenson C, Broecker B, Woodard J. The normal and abnormal scrotum in children: evaluation with color Doppler sonography. *AJR American journal of roentgenology* 1992;158:613-7.

76. Karaca L, Oral A, Kantarci M, et al. Comparison of the superb microvascular imaging technique and the color Doppler techniques for evaluating children's testicular blood flow. *Eur Rev Med Pharmacol Sci* 2016;20:1947-53.
77. Jiang ZZ, Huang YH, Shen HL, Liu XT. Clinical Applications of Superb Microvascular Imaging in the Liver, Breast, Thyroid, Skeletal Muscle, and Carotid Plaques. *J Ultrasound Med* 2019;38:2811-20.
78. Cai SM, Wang HY, Zhang XY, et al. The Vascular Index of Superb Microvascular Imaging Can Improve the Diagnostic Accuracy for Breast Imaging Reporting and Data System Category 4 Breast Lesions. *Cancer Manag Res* 2020;12:1819-26.
79. Fu Z, Zhang J, Lu Y, et al. Clinical Applications of Superb Microvascular Imaging in the Superficial Tissues and Organs: A Systematic Review. *Acad Radiol* 2020.
80. Wantz GE. Abdominal wall hernias. *Principles of Surgery*, 7th ed New York: McGraw-Hill 1999:1585-611.
81. Harvey M, Johnstone M, Fossard D. Inguinal herniotomy in children: a five year survey. *British journal of surgery* 1985;72:485-7.
82. Puri P, Guiney E, O'Donnell B. Inguinal hernia in infants: the fate of the testis following incarceration. *Journal of pediatric surgery* 1984;19:44-6.
83. Nagraj S, Sinha S, Grant H, Lakhoo K, Hitchcock R, Johnson P. The incidence of complications following primary inguinal herniotomy in babies weighing 5 kg or less. *Pediatric surgery international* 2006;22:500-2.
84. Sayek I. Temel Cerrahi 3 baskı. Ankara Güneş Kitabevi 2004;157:1503-22.
85. Arat I. Fitiklar. Genel Cerrahi İst, Ed, İstanbul Tıp Fak 1988:461-88.
86. Lichtenstein IL, Shulman AG, Amid PK. The cause, prevention, and treatment of recurrent groin hernia. *The Surgical clinics of North America* 1993;73:529-44.
87. Erbil Y. Batın duvarı ve fitiklar. Çev ed: John E Skandalakis: *Cerrahi Anatomi ve Teknik*;2:123-229.
88. Oral A, Karaca L, Ahiskalioglu A, et al. Effects of Laparoscopic Hernia Repair by PIRS (Percutan Internal Ring Suturing) Technique on Testicular Artery Blood Supply. *J Invest Surg* 2019;32:343-7.
89. Wantz G. Testicular atrophy. A risk of inguinal hernioplasty. *Chirurgie; memoires de l'Academie de chirurgie* 1991;117:645-51.
90. Lima Neto EVd, Goldenberg A, Jucá MJ. Prospective study on the effects of a polypropylene prosthesis on testicular volume and arterial flow in patients undergoing surgical correction for inguinal hernia. *Acta cirurgica brasileira* 2007;22:266-71.
91. Yavetz H, Harash B, Yogev L, Homonnai Z, Paz G. Fertility of men following inguinal hernia repair. *Andrologia* 1991;23:443-6.
92. Murdoch RW. Testicular strangulation from incarcerated inguinal hernia in infants. *J R Coll Surg Edinb* 1979;24:97-101.
93. Walc L, Bass J, Rubin S, Walton M. Testicular fate after incarcerated hernia repair and/or orchiopexy performed in patients under 6 months of age. *J Pediatr Surg* 1995;30:1195-7.
94. Jequier AM. Obstructive azoospermia: a study of 102 patients. *Clin Reprod Fertil* 1985;3:21-36.

95. Schier F. Laparoscopic inguinal hernia repair-a prospective personal series of 542 children. *J Pediatr Surg* 2006;41:1081-4.
96. Štula I, Družijanić N, Sapunar A, Perko Z, Bošnjak N, Kraljević D. Antisperm antibodies and testicular blood flow after inguinal hernia mesh repair. *Surg Endosc* 2014;28:3413-20.
97. Dilek ON, Yucel A, Akbulut G, Degirmenci B. Are there adverse effects of herniorrhaphy techniques on testicular perfusion? Evaluation by color Doppler ultrasonography. *Urol Int* 2005;75:167-9.
98. Biagiotti G, Cavallini G, Modenini F, Vitali G, Gianaroli L. Spermatogenesis and spectral echo-colour Doppler traces from the main testicular artery. *BJU Int* 2002;90:903-8.
99. Beddy P, Ridgway PF, Geoghegan T, et al. Inguinal hernia repair protects testicular function: a prospective study of open and laparoscopic herniorrhaphy. *J Am Coll Surg* 2006;203:17-23.
100. Palabiyik FB, Cimilli T, Kayhan A, Toksoy N. Do the manipulations in pediatric inguinal hernia operations affect the vascularization of testes? *J Pediatr Surg* 2009;44:788-90.
101. Turgut AT, Olçücüoğlu E, Turan C, et al. Preoperative ultrasonographic evaluation of testicular volume and blood flow in patients with inguinal hernias. *J Ultrasound Med* 2007;26:1657-66; quiz 67-9.
102. Tuncer AA, Peker T, Acar MB, Embleton DB, Cetinkursun S. A comparison of preoperative and postoperative testicular volume and blood flow in patients with inguinal hernia, hydrocele, and cord cyst: A prospective cohort study. *Pak J Med Sci* 2017;33:363-8.
103. Saba M, Morales CR, De Lamirande E, Gagnon C. Morphological and biochemical changes following acute unilateral testicular torsion in prepubertal rats. *J Urol* 1997;157:1149-54.
104. Kay G, Grobelaar J, Hattingh J. Effect of surgical restriction of growth of the testicular artery on testis size and histology in bulls. *Reproduction* 1992;96:549-53.
105. Kocaoglu C, Durmaz MS, Sivri M. Shear wave elastography evaluation of testes with non-communicating hydrocele in infants and toddlers: A preliminary study. *J Pediatr Urol* 2018;14:445.e1-e6.
106. Ucar AK, Alis D, Samanci C, et al. A preliminary study of shear wave elastography for the evaluation of unilateral palpable undescended testes. *Eur J Radiol* 2017;86:248-51.
107. Kurtz MP, Zurakowski D, Rosoklija I, et al. Semen parameters in adolescents with varicocele: association with testis volume differential and total testis volume. *J Urol* 2015;193:1843-7.
108. Keene DJ, Sajad Y, Rakoczy G, Cervellione RM. Testicular volume and semen parameters in patients aged 12 to 17 years with idiopathic varicocele. *J Pediatr Surg* 2012;47:383-5.
109. Hadziselimovic F, Leibundgut B, Da Rugna D, Buser MW. The value of testicular biopsy in patients with varicocele. *J Urol* 1986;135:707-10.
110. Erdogan H, Durmaz MS, Arslan S, et al. Shear Wave Elastography Evaluation of Testes in Patients With Varicocele. *Ultrasound Q* 2020;36:64-8.

ÖZET

T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

TIP FAKÜLTESİ

İnguinal hernisi olan çocuklarda superb microvascular imaging (SMI) ve shear wave elastografi(SWE) modaliteleri ile pre-operatif ve post-operatif testis değerlendirmesi

Dr. Nusret SEHER

Radyoloji Anabilim Dalı

TIPTA UZMANLIK TEZİ / KONYA, 2020

Giriş ve Amaç: İnguinal hernilerin çoğunluğu ilk yaşlarda bulgu vermekte olup çocukluk çağında en sık yapılan ameliyatlardan başında yer almaktadır. Çocuklarda inguinal hernilerin tamamına yakını indirekt tip olup genelde herni oluşumu, testis inişiyile ilgili olduğundan dolayı erkeklerde 5-20 kat daha sık görülmektedir. İnguinal herni operasyonu sık yapılan operasyonların başında olup preoperatif ve postoperatif komplikasyonlar iyi bilinmelidir. Tanısı en zor ve atlanması muhtemel olan, genelde postoperatif etkisi oluşan testiküler komplikasyonlar oldukça önem arz etmektedir. Bu çalışmada unilateral inguinal hernisi olan çocuklarda SMI ve SWE modaliteleri ile testislerin preoperatif ve postoperatif 1-3-6. Aylarda kanlanması, elastikiyeti değerlendirildi.

Gereç ve Yöntem: Ocak 2019-Haziran 2020 tarihleri arasında Selçuk Üniversitesi Tıp Fakültesi Çocuk Cerrahisi Anabilim dalına tek taraflı inguinal herni sebebiyle başvuran, ve araştırmaya dahil edilme kriterlerini karşılayan 44 erkek çocuk hasta prospektif olarak araştırmaya dahil edildi. Preoperatif ve postoperatif 1-3-6. Aylarda da hastalara kantitatif olarak SMI ve SWE incelemeleri yapıldı. Elde olunan verilerimizin istatistiksel analizi için IBM SPSS Statistics 22.0 istatistik programı kullanıldı. Ameliyat olan taraftaki testisler ve karşı testislerin kendi aralarında değerlendirilmesinde SWE (kpa, m/s) ve SMI (VI) değerlerinin ortalamaları arasındaki farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını araştırılması için tekrarlanan ölçümlerde ANOVA yöntemi, Farklı grupların karşılaştırılması, kontrol incelemelerin karşılaştırılmasında, grupların ortalamaları arasındaki farklılıkların önemliliğinin araştırılması için ise istatistiksel yöntemlerden olan t-testlerinden faydalanılmıştır. İstatistiksel olarak $p < 0.05$ değeri anlamlı olarak kabul edilmiştir.

Bulgular: 44 erkek çocuk hasta değerlendirildi. Herni tarafındaki testisler ile karşı taraftaki testisler arasında hacimsel olarak anlamlı farklılık bulunmadı. Preoperatif ve postoperatif değerlendirmede VI değerlerinde herni tarafı testislerde anlamlı artış mevcuttu. SWE değerlerinde ise anlamlı şekilde düşüş izlendi. Herni tarafındaki testisler ile karşı sağlam taraftaki testislerde kontrollerde anlamlı farklılıklar mevcuttu. Karşı taraf sağlam testislerin kontrol incelemelerde kendi içerisinde değerlendirilmesinde anlamlı farklılık bulunmadı.

Sonuç: Herni tarafındaki testislerde mekanik olarak basıya sekonder azalan kanlanma postoperatif dönemlerde belirgin artış gösterdi ve sağlam testisle aynı seviyeye ulaştı. Bu durumu kantitatif olarak göstermiş olduk. SWE değerlerinde ise herni tarafı testiste kontrollerde düşüş izlendi

ancak kontrollerin ortalamalarının karşı taraf sağlam testisle karşılaştırıldığında eşitlenmediği görüldü. Bu durum herni süresince basıya sekonder gelişmiş bir fibrozise sekonder olabilir. Bizim bulgularımız da bunu destekler nitelikteydi. Literatürde yapılan çalışmalarda da çocuklukta inguinal hernisi olan çocukların bir kısmında ileri yaşlarda infertilite yaşadıkları belirtilmiştir. Ancak daha net sonuçlar için hasta sayısının daha fazla olduğu ve takip sürelerinin daha uzun olduğu çok merkezli validasyon çalışmalarına ihtiyaç olduğu kanaatindeyiz.

Anahtar Sözcükler: SWE; SMI; inguinal herni; testis



SUMMARY

PRE-OPERATIVE AND POST-OPERATIVE TESTICULAR EVALUATION IN CHILDREN WITH INGUINAL HERNIAS WITH SUPERB MICROVASCULAR IMAGER (SMI) AND SHEAR WAVE ELASTOGRAPHY (SWE) MODALITIES

Introduction and Aim: The majority of inguinal hernias are manifested in the early ages and are among the most common operations performed in childhood. Almost all inguinal hernias are of indirect type. Since hernia formation is related to testicular descent, it is seen 5-20 times more frequently in men. Inguinal hernia operation is one of the most common operations and preoperative and postoperative complications should be well known. Testicular complications, which are the most difficult to diagnose and are likely to be missed, and usually have a postoperative effect, are very important. In this study, SMI and SWE modalities, blood supply and elasticity of testicles in the preoperative and postoperative 1-3-6 months were evaluated in children with unilateral inguinal hernia.

Materials and Methods: 44 male patients who applied to Selcuk University Faculty of Medicine Department of Pediatric Surgery between January 2019-June 2020 and met the inclusion criteria were prospectively included in the study. Quantitative SMI and SWE examinations were performed on patients preoperative and postoperative 1-3-6 months. IBM SPSS Statistics 22.0 statistical program was used for the statistical analysis of our data. ANOVA method in repeated measurements to investigate whether the differences between the mean SWE (kpa, m / s) and SMI (VI) values are statistically significant in the evaluation of the testes on the operated side and the contralateral testes among themselves. To investigate the significance of the differences, t-tests, one of the statistical methods, were used. Statistically, $p < 0.05$ value was accepted as significant.

Results: 44 male patients were evaluated. No significant volumetric difference was found between the testicles on the herniated side and the opposite testicles. In the preoperative and postoperative evaluations, there was a significant increase in VI values in the herniated testicles. A significant decrease was observed in SWE values. There were significant differences between the testes on the herniated side and the contralateral testicles in the controls. No significant difference was found in the evaluation of the contralateral intact testicles within themselves in control examinations.

Conclusion: The decreased blood supply secondary to mechanical compression in the testicles on the herniated side increased significantly in the postoperative period and reached the same level with the intact testicle. We have shown this situation quantitatively. In SWE values, a decrease was observed in the herniated testicle in the controls, but it was observed that the means of the controls were not equal when compared with the opposite intact testis. This situation may be secondary to a fibrosis developed secondary to compression during the hernia. In the studies conducted in the literature, it was stated that some of the children with inguinal hernia in childhood experienced infertility at advanced ages. Our findings also supported this. However, we believe that multi-center validation studies with higher number of patients and longer follow-up periods are needed for clearer results.

Keywords : SMI; SWE; Inguinal hernia; testes

EKLER



EK-2: Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formu

“İnguinal hernisi olan çocuklarda superb microvascular imaging (SMI) ve shear wave(SW) elastografi modaliteleri ile pre-operatif ve post-operatif testis değerlendirmesi” isimli araştırma kapsamında testisleriniz ameliyattan önce ve sonraki 1-3-6. aylarda radyolog doktorlarınız tarafından belli ölçümler yapılmak üzere ultrasonografi ile değerlendirilecektir.

Araştırma kapsamında daha önce inguinal herniden hiç ameliyat olmamış inguinal hernisi olan tahmini 50 gönüllü araştırmaya katılacaktır. Ameliyat öncesinde ve sonrasındaki 1-3-6. aylarda girşimsel işlem uygulamaksızın testisler ultrasonografi ile değerlendirilecektir. Ameliyat öncesi ve sonrası çekilen ultrasonlar karşılaştırılacaktır. Araştırma sebebiyle maruz kalacağınız bir risk ya da rahatsızlık bulunmamaktadır. Araştırmaya katılımın isteğe bağlıdır ve istediğiniz zaman,

herhangi bir cezaya veya yaptırıma maruz kalmaksızın, hiçbir hakkını kaybetmeksizin araştırmaya katılmayı reddedebilir veya araştırmadan çekilebilirsiniz.

Gönüllülük sonrasında tarafınıza herhangi bir ödeme yapılmayacaktır. Araştırma sonunda kimlik bilgileriniz gizli tutulacak, araştırma yayınlansa dahi kimliğiniz kamuoyuna açıklanmayacaktır. İzleyiciler, yoklama yapan kişiler, etik kurul, kurum ve diğer ilgili sağlık otoritelerinin orijinal tıbbi kayıtlarınıza doğrudan erişimleri bulunabilir, ancak bu bilgiler gizli tutulacaktır. Yazılı bilgilendirilmiş gönüllü olur formunun imzalanmasıyla siz veya kanuni temsilciniz söz konusu erişime izin vermiş olacaksınız. Araştırma konusuyla ya da hastalığınız ile ilgili yeni bilgiler elde edildiğinde tarafımızca bilgilendirme yapılacaktır. Araştırma ya da kendi haklarınız ile ilgili herhangi bir olay sonrasında 0332 224 4939 nolu telefondan kliniğimize erişebilirsiniz.

- Bilgilendirilmiş Gönüllü Olur Formundaki tüm açıklamaları okudum. Bana, yukarıda konusu ve amacı belirtilen araştırma ile ilgili yazılı ve sözlü açıklama aşağıda adı belirtilen hekim tarafından yapıldı. Araştırmaya gönüllü olarak katıldığımı, istediğim zaman gerekçeli veya gerekçesiz olarak araştırmadan ayrılabileceğimi biliyorum.Söz konusu araştırmaya, hiçbir baskı ve zorlama olmaksızın kendi rızamla katılmayı kabul ediyorum.

Hasta adı-Soyadı:

Doktor Adı-Soyadı:

İmzası:

İmzası:

Tarih:

Tarih: