



**T.C. SAĞLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ ANTALYA SAĞLIK
UYGULAMA VE ARAşTIRMA MERKEZİ RADYOLOJİ KLİNİĞİ**

**EREKTİL DİSFONKSİYONU OLAN HASTALARDA
PENİL DOPPLER ULTRASONOGRAFİ VE SHEAR WAVE
ELASTOGRAFİ
DEĞERLERİNİN KORELASYONU**

Dr. Sercan Meng

TIPTA UZMANLIK TEZİ

ANTALYA/2023



**T.C. SAğLIK BİLİMLERİ ÜNİVERSİTESİ ANTALYA SAğLIK
UYGULAMA VE ARAşTIRMA MERKEZİ RADYOLOJİ KLİNİğİ**

EREKTİL DİSFONKSİYONU OLAN HASTALARDA

**PENİL DOPPLER ULTRASONOGRAFİ VE SHEAR WAVE
ELASTOGRAFİ**

DEğERLERİNİN KORELASYONU

Dr. Sercan Meng

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Alpaslan YAVUZ

TIPTA UZMANLIK TEZİ

ANTALYA/2023

TEŞEKKÜR

Radyoloji uzmanlık eğitimim süresince eğitimimde büyük katkı ve emekleri olan, bilgi ve birikimlerini paylaşılarak bizlere yön veren, tezimin uygulama ve yazım aşamasında destek ve yardımlarını esirgemeyen saygıdeğer hocam Prof.Dr.Alpaslan YAVUZ' a,

Birlikte çalışmaktan büyük mutluluk duyduğum ve üzerimde büyük emekleri olan Doç. Dr. Bülent ÇEKİÇ, Doç.Dr.İclal ERDEM TOSLAK, Doç.Dr Cemil GÜRSES, Başasistan Uzm. Dr. Buket YAĞCI, Başasistan Uzm. Dr. Murat ŞAMBEL' e, saygıdeğer Uzm.Dr Nevhel KAHVECİOĞLU,Uzm.Dr Mustafa YALÇIN ,Uzman Dr.Ahmet Şükrü ALPASLAN ,Uzm.Dr.Özlem VARDAR GÖK ,ve asistan arkadaşlarıma, tez aşamamda ve asistanlık dönemim boyunca yardımcı olan tüm radyoloji ekibime,

En önemlisi, tüm eğitim hayatım boyunca yanımda olan ve her daim bana destek veren aileme teşekkür ederim.

*Dr. Sercan MENGÜÇ
Antalya, 2023*

İÇİNDEKİLER

TABLolar.....	iii
RESİMLER.....	iv
GRAFİKLER.....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	x
1. GİRİŞ ve AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. PENİS ANATOMİSİ.....	2
2.1.1. Penisin Fonksiyonel Anatomisi.....	3
2.1.2. Penil Kan Akımı.....	3
2.1.3. Penisin Venleri.....	4
2.1.4. Penisin Sinirleri.....	5
2.2. EREKSİYON.....	8
2.2.1. Ereksiyon Fizyolojisi.....	9
2.3. EREKTİL DİSFONKSİYON.....	11
2.3.1. Tanımı.....	11
2.3.2. Epidemiyolojisi.....	11
2.3.3. Risk Faktörleri.....	11
2.3.4. Sınıflandırılması.....	12
2.3.5. Erektıl Disfonksiyonda Tanı.....	13
2.3.6. Erektıl Disfonksiyonda Tedavi.....	14
2.4. ULTRASON FİZİĞİ.....	17
2.4.1. Ultrason Fiziği.....	18
2.4.2 Ses Demetinin Özellikleri.....	19
2.4.3. Sesin Üretimi.....	20
2.4.4. Sesin Doku ile Etkileşimi.....	20
2.4.4.1. Yansıma (Refleksiyon).....	21
2.4.4.2. Saçılma (Scattering).....	22
2.4.4.3. Kırılma (Refraksiyon).....	23

2.4.4.4. Soğurulma (Absorbsiyon).....	23
2.4.4.5. Zayıflama (Atenuasyon).....	24
2.4.5. Ultrasonografik Görüntüleme Şekilleri.....	24
2.4.5.1. A-Mod (Amplitüd Modu).....	24
2.4.5.2. M-Mod (Motion=Hareket Modu).....	24
2.4.5.3. B-Mod (Brightness=Parlaklık Modu).....	24
2.5. SONOELASTOGRAFİ.....	25
2.5.1. Yarı Statik Yöntemler.....	27
2.5.2. Dinamik Yöntemler.....	28
2.5.2.1. Shear Wave Elastografi.....	28
2.5.2.2. Transient Elastografi.....	29
2.5.2.3. Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI).....	30
3. MATERYAL ve METOT.....	30
4. BULGULAR.....	34
5. TARTIŞMA.....	53
6. SONUÇ.....	57
7. KAYNAKLAR.....	59
8. ÖZGEÇMİŞ.....	64
9. EKLER.....	65

TABLÖLAR

Tablo 1.	Penil Tümesans Grade	13
Tablo 2.	Hasta gruplarına göre yaş penil tümesans, PSV, EDV ve SWE değerleri.....	35
Tablo 3.	Yaş göre gruplar arası Kruskal-Wallis testi	35
Tablo 4.	Penil tümesansa göre gruplar arası Kruskal-Wallis testi	35
Tablo 5.	KK fSWE değerine göre gruplar arası Kruskal-Wallis testi	36
Tablo 6.	ED hastalarında PSV-SWE arasındaki korelasyon analizi.....	37
Tablo 7.	Kontrol grubunda PSV-SWE arasındaki korelasyon analizi.....	38
Tablo 8.	ED hastalarında EDV-SWE arasındaki korelasyon nalizi.....	39
Tablo 9.	Kontrol grubunda EDV-SWE arasındaki korelasyon analizi.....	39
Tablo 10.	PSV değerlerine göre gruplandırılmış SWE değerleri Kruskal-Wallis testi.....	40
Tablo 11.	PSV>30 cm/sn değerine göre Korpus kavernosum SWE ROC analizi.....	41
Tablo 12.	ED subtipleri ve kontrol grubunda ortalama SWE değerleri.....	43
Tablo 13.	ED subtipleri ve kontrol grubu arasında ortalama SWE değerleri Kruskal-Wallis testi....	44
Tablo 14.	EHS'ye göre sağ ve sol korpus kavernosumun SWE değerleri.....	45
Tablo 15.	Penil tümesans grade değerine göre SWE ROC analizi	48

RESİMLER

Resim 1.	Penisin anatomisi.....	2
Resim 2.	Penisin arterleri.....	4
Resim 3.	Penisin venleri.....	5
Resim 4.	Penisin innervasyonu.....	7
Resim 5.	Ereksiyon mekanizması.....	10
Resim 6.	Ses dalgası özellikleri.....	18
Resim 7.	Ses demetinin yapısı.....	19
Resim 8.	Sesin doku ile etkileşimi.....	21
Resim 9.	Sesin Yansıması.....	22
Resim 10.	Sesin Saçılması.....	22
Resim 11	Sesin Kırılması (Refraksiyon).....	23
Resim 12.	Ultrasonografik Görüntüleme Şekilleri.....	25
Resim 13.	Strain, stres ve esneklik katsayıları şematik görünümü.....	27
Resim 14.	Elastografi yöntemleri ve B mod US fiziği.....	28
Resim 15.	SWE temel fiziği.....	29
Resim 16.	5. dk sağ KK SWE ölçümü.....	32
Resim 17.	10. dk sağ KK SWE ölçümü.....	32
Resim 18.	Flask halde (0. dk SWE) ölçümü.....	49
Resim 19.	5. dk sağ KK SWE ölçümü.....	49

Resim 20.	10. dk sağ KK SWE ölçümü.....	50
Resim 21.	15. dk sol KK r SWE ölçümü.....	50
Resim 22.	Arteriyel yetmezlik grubunda 5. dk da PSV, EDV ölçümü.....	51
Resim 23.	Arteriyel yetmezlik grubunda 10. dk da PSV, EDV ölçümü.....	51
Resim 24.	Venöz yetmezlik grubunda 10. dk da PSV, EDV ölçümü.....	52
Resim 25.	Venöz yetmezlik grubunda 15. dk da PSV, EDV ölçümü.....	52

GRAFİKLER

Grafik 1.	ED Hastalarında PSV-SWE korelasyon grafiği.....	37
Grafik 2.	Kontrol Grubunda PSV-SWE korelasyon grafiği.....	38
Grafik 3.	PSV>30 cm/sn değerine göre KK SWE ROC analizi.....	41
Grafik 4.	Yaş gruplarına göre flask haldeki KK SWE değerleri	42
Grafik 5.	Yaşa göre flask haldeki KK SWE dağılımı.....	42
Grafik 6.	ED subtipleri ve kontrol grubunda SWE değerlerinin karşılaştırılması	44
Grafik 7.	Penil tümösans grade-SWE korelasyonu	46
Grafik 8.	Penil tümösans grade değerlerine göre SWE değerleri.....	47
Grafik 9.	Grade 1- 2, Grade 3- 4 korpus kavernosum SWE ROC analizi	48

SİMGELER VE KISALTMALAR

ARFI	: Akoustic radiation force impulse
ATP	: Adenozin trifosfat
BT	: Bilgisayarlı tomografi
DM	: Diabetes mellitus
CC	:Corpus cavernosum
ED	: Eretil Disfonksiyon
EDV	: End diastolic velocity
EHS	: Erectil hardness score
GMP	: Guanozin monofosfat
cGMP	: Siklik guanozin monofosfat
HT	: Hipertansiyon
Hz	: Hertz
ICI	: İntracavernosal injection
KK	: Korpus Kavernosum
kPa	: Kilopaskal
IIEF	: Uluslararası eretil fonksiyon formu
MRG	: Manyetik rezonans görüntüleme
NO	: Nitrik oksit

PDE5I	: Fosfodiesteraz5 inhibitörü
PSV	: Peak systolic velocity
PDU	: Penil Doppler ultrasonografi
SWE	: Shear wave elastography
SWT	: Şok dalga tedavisi
Sİ	: Strain indeksi
USG	: Ultrasonografi
VIP	: Vazoaktif intestinal polipeptid

ÖZET

Erektile disfonksiyon (ED) dünya çapında erkekler arasındaki en yaygın cinsel problemlerden birisidir. Yaş ile birlikte görülme sıklığı artmaktadır. Tatmin edici cinsel performans için yeterli ereksiyonu elde edememek olarak tanımlanan erektile disfonksiyon (ED), etiyolojiye göre 3 kategoriye psikolojik, organik ve karışık nedenler olarak ayrılır. Organik etiyolojiye sahip hastalar, erektile disfonksiyon (ED) vakalarının yaklaşık %80'ini oluşturmaktadır. ED yaşam kalitesini olumsuz olarak etkileyen psikolojik olarak ciddi etkilere neden olan cinsel bir sağlık problemidir. Bu yüzden tanısı önemlidir. Erektile disfonksiyon hastalarının tanısında, penil renkli Doppler ultrasonografi (PDU), intrakavernosal (IC) papaverin enjeksiyonu ile kombine edildiğinde penisin hemodinamik parametrelerini nicel olarak değerlendirebilen invaziv bir yöntemdir. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte farklı tanı yöntemleri klinik olarak kullanılmaya başlanmıştır. Shear wave elastography (SWE) ise son yıllarda sıklıkla kullanılmaya başlanan yeni yöntemlerden birisidir. Bu çalışmada korpus kavernosum (KK) SWE değerlerinin ED subtiplerindeki (venöz, arteriyel) değişimi, erectil hardness score (EHS), yaş ve Doppler USG (Ultrasonografi) değerleri ile arasındaki ilişkiyi, bu parametreler arasındaki değişim trendini analiz etmek ve ilgili tepe sistolik hız (PSV) değerine karşılık gelebilecek SWE değerlerini araştırmayı amaçlamıştır.

Çalışmaya haftada en az bir kez düzenli heteroseksüel aktiviteye sahip en az 6 aydır ED öyküsü olan 37-77 yaş arası 48 ED hastası ve 7 kontrol olgusu katılmıştır. Hasta ve kontrol grubundaki olguların hiçbirisinde penil travma, operasyon öyküsü, Peyroni's hastalığı ve konjenital penil deformite bulunmamaktaydı.

Kasım 2022-Şubat 2023 tarihleri arasında hastanemiz üroloji kliniğine başvuran ED hastalarına eş zamanlı olarak PDU ve ardından SWE incelemeleri yapıldı. 6-15 MHz band genişliğindeki lineer prob, Toshiba Aplio 500 (Tokyo, Japonya) cihazı yardımıyla ultrasonografik incelemeler için kullanıldı. Olgulardan supin pozisyonunda yatarken tek eliyle glans penisten tutup, penisin dorsal yüzünü karın ön duvarına doğru yaslayıp sabit tutması istendi. Ardından PDU ve SWE

ölçümleri her iki korpus kavernosuma penoskrotal bileşke düzeyinden, flask durumda ve IC Alprostadil E1 (prostalandin E1, Taide Co., Beijing, China) enjeksiyonundan sonra 5. 10. ve 15. dakikalarda yapıldı. Ölçümler aynı araştırmacı tarafından 3 kez yapıp ortalaması alındı. İnceleme sonrasında hastaların erectil hardness score (EHS) gradeleri not edildi.

Sonuç olarak bu çalışmada korpus kavernosum ortalama SWE değerinin ereksiyon sırasındaki penil arterial kan akımını yansıtabileceği gösterilmiştir. ED subtiplerinde (arterial, venöz) PSV ile ortalama SWE arasında istatistiksel olarak anlamlı ilişki saptanmıştır ($p<.05$). Ayrıca KK ortalama SWE değerinin, PDU incelemesinde elde edilen kavernosal arter akım hızları ve penil tūmesans grade değerleri ile negatif ilişkili olduğu bulundu. Tatmin edici cinsel birlikteliği sağlayan ereksiyon için SWE cut-off değeri PSV'ye göre 16 kPa, penil tūmesans grade değerine göre ise 25 kPa olarak bulundu. Ayrıca yaşlanma ile birlikte flask haldeki KK SWE değerinin arttığı gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler: Erektile disfonksiyon (ED), Shear wave elastography (SWE), Penil Renkli Doppler ultrasonografi (PDU), Korpus Kavernosum, Arteriyel Yetmezlik, Venöz Yetmezlik, Stiffness

ABSTRACT

Erectile dysfunction (ED) is one of the most common problems among men worldwide. The global prevalence of ED is increase rapidly due to population aging. Erectile dysfunction (ED), defined as the persistent inability to attain and/or maintain erection sufficient for satisfactory sexual performance, can be divided into 3 categories according to the etiology: psychological, organic, and mixed . Among ED patients with organic etiology, approximately 80% of cases can be attributed to vasculer factors owing to the particular vascular network of penis. Peniler Doppler ultrasonography (PDU) test can quantitatively assess the penile hemodynamic parameters in greater detail, which should be combined with the intracavernosal injection (ICI) of vasoactive agents to induce penile erection. With the development of the technology, new methods are applied for clinical diagnoses. Shear wave elastography (SWE), a novel ultrasonography method, is increasingly used for diagnosing the ED. The present study aimed to explore the relationship between PDU parameters and SWE values in ED patients and to analyze the change trend between the peak systolic velocity (PSV) and SWE. We also sought to determine the most appropriate cut-off value of SWE for related PSV.

This prospective study included 48 patients and 7 controls, aged 37-77 years with regular heterosexual activity (at least once a week); with a history of ED for at least 6 months. The patients were excluded if they met any of the a history of penile trauma or operation, Peyronie's disease and penile congenital deformity .

Between November 2022 and February 2023 ,the clinical data of patients with ED as their primary complaint at our Hospital of the urology department, PDU and SWE were performed for every patient simultaneously. Ultrasonographic examinations were performed using Toshiba Aplio 500 6-13 MHz (Tokyo, Japan) band-wide linear probe. We guide every patient to hold the glans penis one hand to keep the dorsal penis tightly contacting the abdominal wall while the subjects were lying on supine position. Then, we performed PDU and SWE measurements from penoscrotal junction formally in the flaccid state and 5, 10 and 15 min after ICI of

Papaverin. All measurements were performed by the same operator three times and average calculated. The penil tumesans grading values of the patients were noted after all procedures.

In conclusion, we demonstrated that quantitative measurement of SWE values in corpus cavernosum (CC) could reflect the penile artery blood supply during PDU examination. Statistically significant correlation was found between PSV and mean SWE among ED subtypes ($p<.05$). In addition CC SWE value was found negatively correlated with cavernosal artery blood flow velocities and erectil hardness score (EHS). SWE cut-off value for sufficient satisfactory sexual intercourse was found 16 kPa according to PSV value and 25 kPa according to EHS. In addition it has been shown that the KK SWE value in flaccid state increases with aging.

Key words: Erectile Dysfunction (ED) ,Shear wave elastography (SWE), Penil Doppler ultrasound (PDU), Corpus Cavernosum (CC), Arterial Insufficiency, Venous Insufficiency, Stiffness

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Eretil disfonksiyon (ED) nöral ve vasküler komponentleri bulunan kompleks bir fizyolojik olaydır. Eretil disfonksiyon, tatmin edici cinsel performans için yeterli bir ereksiyona ulaşamama ve/veya bunu sürdürememe olarak tanımlanır (1). Eretil disfonksiyonun patogenezinde endotelyal disfonksiyon ve inflamasyon kritik rol oynamaktadır (2). Günümüzde eretil disfonksiyon yaşam kalitesini olumsuz olarak etkileyen psikolojik olarak ciddi etkilere neden olan bir cinsel sağlık problemidir (3, 4). Eretil disfonksiyonun primer olarak psikolojik etmenlere bağlı olduğu düşünülse de hastaların çoğunda altta yatan organik bir patoloji bulunmaktadır. Yapılan prevelans çalışmalarına göre ED prevelansı Amerika’da 40-70 yaş arasında % 52, Türkiye’de ise % 69,2 oranında bulunmuştur (5, 6, 7).

Penil ereksiyon, arteriyel akımda artma, sinüzoidal düz kaslarda gevşeme, venöz dönüşte azalma ile karakterize, nöromediatörler, çizgili ve düz kaslar ile tunica albugineanın koordine çalışması sonucu ortaya çıkan kompleks bir psikonörovasküler olaydır (8). ED tüm dünyada yaygın olarak görülen görülme sıklılığı yaş ile birlikte artan cinsel bir sağlık problemidir (9). Eretil disfonksiyon çeşitli komorbiditeler ile ilişkilidir ve bu komorbiditelerin gelişmesini önlemek için erken tanı gereklidir.

Klinik olarak vaskülojenik ED’den şüphelenilen hastalarda Penil renkli Doppler ultrasonografi (PDU) istenir. PDU, penisin vasküler kompenetlerini temel olarak kavernal arterlerin incelenmesine imkan sağlayan invaziv bir görüntüleme yöntemidir (10).

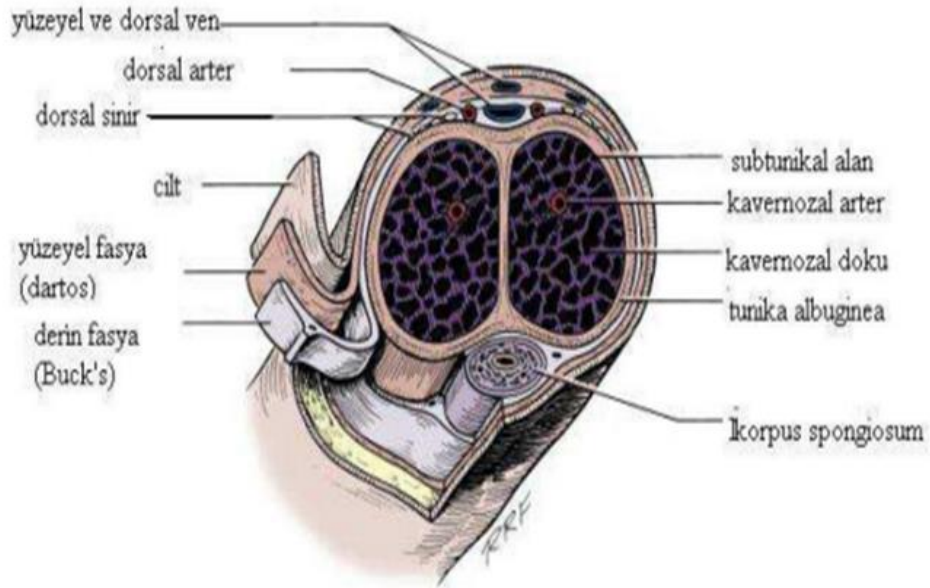
Eretil disfonksiyon tanısında kullanılan PDU, penisin vasküler yapılarının değerlendirmesinde çok değerli ancak bir o kadar da invaziv bir tetkiktir. İşlem öncesinde uygulanan intracavernosal injection (ICI) hastaları priapizm riskine maruz bırakmaktadır. Shear wave elastography (SWE) tekniği ise uygulanabilirliği kolay ve hızlı sonuç veren, penisin hem vasküler kompenentini hem de doku karakterizasyonunu beraber değerlendirebilen bir incelemedir. Bu çalışmada korpus kavernosum (KK) SWE değerlerinin ED subtiplerindeki (arterial, venöz) değişimi, PDU incelemesinde elde edilen kavernal arter akım hızları, erectile hardness score (EHS) ve yaş ile olan ilişkisi saptanmaya çalışılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 PENİSİN ANATOMİSİ

2.1.1. Penisin Fonksiyonel Anatomisi

Penis, erektil fonksiyona sahip bir organ olup iki adet korpus kavernozum ve bir adet korpus spongiozumdan oluşmaktadır. Penis temel olarak 5 tabakadan oluşmakta olup bunlar; penis derisi, yüzeysel penil fascia (dartos fascia), tela subfasialis, derin penil fascia (buck fascia) ve tunika albuginea olarak sınıflandırılır (11) (Resim 1).



Resim 1. Penisin anatomisi

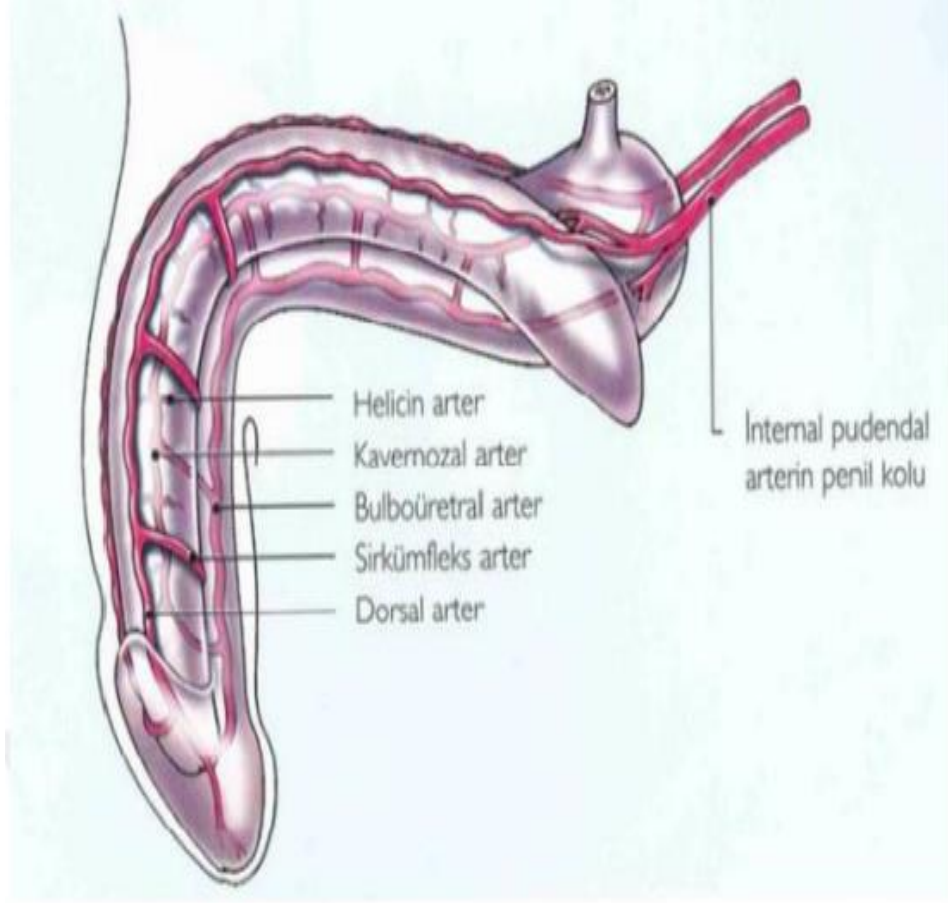
Korpus kavernosum boru şeklinde bir çift organ olup kollojen ve elastik fiberlerden oluşan tunica albuginea ile örtülüdür. Korpus kavernosumlar distalde bitişiktirler, proksimalde ise iki krusa ayrılarak simfizis pubise yapışırlar. Kruslar ventralde iskiokavernoz kaslar ile çevrelenmiştir Korpus spongiozum ise distal kesimde glans penisi proksimalde ise bulbusu oluşturur (11). Korpus spongiozum da tunica albuginea ile örtülüdür. Tunika albuginea büyük bir oranda esnek olmayan kollejen liflerinden oluşmaktadır, kollojen lifleri ereksiyon sırasında bariyer gibi davranmaktadır. Penil ereksiyon fazları ile birlikte hacmi artan peniste kollojen lifleri esnek olamayan yapısı sayesinde perforan (emisser) venlerdeki akımı durdurarak ereksiyona katkı (12).

2.1.2. Penil Kan Akımı

Penisin kanlanması temel olarak internal iliak arterin dalı olan internal pudental arter sağlar. İnternal pudental arter ürogenital diyaframı geçtikten sonra penil arter adını alır. Penil arter Alcock kanalından geçer ve erektıl yapıların kanlanmasını sağlamak için üç dala ayrılarak sonlanır (13). Bu dallar bulboüretal arter, kavernözal arter, dorsal arterdir (Resim 2).

- 1- Bulboüretal arter: Korpus spongiosum içerisinde seyretmekte olup peniste korpus spongiosum, üretra ve glansı besleyen dallar verir (15).
- 2- Kavernözal arter: KK 'yı besleyen ereksiyonun ana sorumlu arteridir.
- 3- Dorsal arter: Buck fasyasının içerisinde seyir göstermekte olup korpus spongiosum ve üretraya dallar verir. Ereksiyon sırasında glansın beslenmesini sağlar (14).

Peniste ereksiyonu oluşması için gerekli olan kanın %70'i kavernözal arter ile %30'u ise dorsal arter tarafından sağlanır. Erektıl doku içerisinde arterler incelerek ilerler ve spiral şekilde helisin arterleri oluştururlar. Helisin arterler ise genişleyerek endotel ve düz kastan oluşan kavernöz sinüsleri oluştururlar (12). Kavernöz sinüsler ereksiyon sırasında kanı depolarlar.



Resim 2 . Penisin arterleri (14)

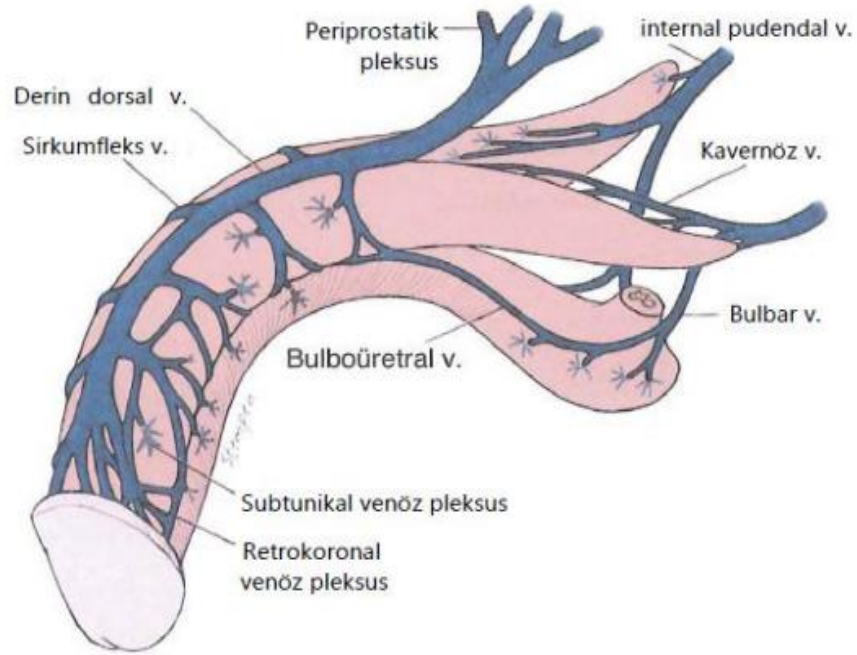
2.1.3. Penisin Venleri

Penisin venöz sistemi üç kısımda incelenir bunlar; yüzeysel, orta ve derin venöz sistemlerdir (Resim 3).

Derin venöz sistem: Hem korpus kavernozum hem de korpus spongiozumun venöz drenajı derin venöz sistem tarafından sağlanır. Bu bölgeyi drene eden post kavernosol venler birleşerek subtunikal venöz pleksusu oluştur daha sonrasında emisser ven adını alırlar (16). Emitter venler oblik bir şekilde seyrederken tunica albugineaya delip geçtikten sonra ve supratunikal alanda sirkumfleks venleri oluşturarak derin dorsal vene, buradan da proksimal penise devam ederek kavernöz veni oluştur. Kavernöz ven ise internal pudental vene drene olur (17). Bulboüretal venler ise korpus spongiozumun drenajını sağlar.

Orta venöz sistem: Buck fasyası ile tunica albuginea arasında seyir gösteren orta venöz sistem derin dorsal vene ve oradanda periprostatik venöz pleksusa dökülür. Temel olarak glans penisin venöz drenajı sağlanır.

Yüzeyel venöz sistem: Penisin derisinin venöz drenajını sağlayarak eksternal pudental vene açılır.



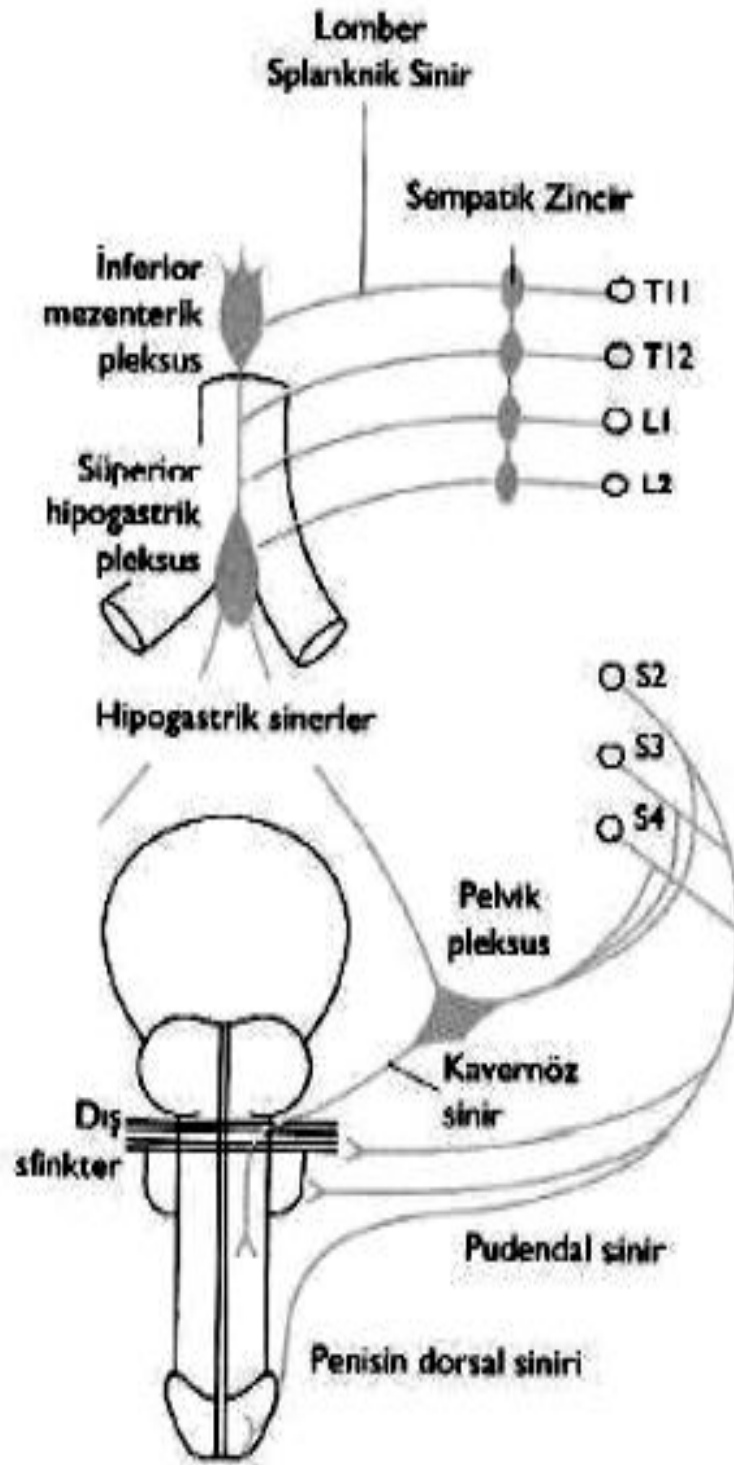
Resim 3 . Penisin venleri

2.1. 4 Penisin Sinirleri

Penisin otonom ve somatik inervasyonu vardır. Otonomik inervasyon parasempatik ve sempatik liflerden oluşmakta olup spinal kord ve periferik gangliyon hücrelerinden oluşur. Otonomik sinirler kavernöz sinir aracılığıyla ereksiyonu sağlayan temel yapılar olan spongios ve kavernöz cisme ulaşarak ereksiyonun oluşmasını sağlarlar. Bulbokavernöz ve iskiokavernöz kasların inervasyonunda ve penisin duyu iletiminin sağlanmasında ise somatik sinirler görev alır (Resim 4).

Sempatik sinir lifleri alt torasik-üst lomber vertebra hizasından köken almakta olup retroperitoneal bölge yerleşimlidirler. Sempatik sinir lifleri iliak arterler bifurkasyon düzeyinde yoğunlaşarak superior hipogastrik plexusu oluşturduktan sonra sağ ve sol hipogastrik siniri meydana getirirler daha sonra hipogastrik sinirler distale ilerleyerek rektum düzeyinde pelvik plexusu oluşturur. Pelvik plexus S2-S4 vertebralardan köken alan parasempatik sinir ganglionlarında da lifler aldıktan sonra alt üriner sistemin, penisin ve rektumun inervasyonunu sağlar. Kavernöz cisimlerin uyarılmasını sağlayan lifler ise pelvik plexusdan ayrıldıktan sonra kavernöz sinir adını alır ve ereksiyonun sağlanması için kavernöz cisimleri uyarır (18).

Glansın ve penis shaftının somatosensoryal duyularını dorsal penil sinir lifleri taşır. Dorsal sinir pudental sinir ile devamlılık göstermektedir. Dorsal ve pudental sinir ile algılanan ağrı, ısı ve dokunma hissi S2-4 vertebranın dorsal ganglionlarına taşınır. Pudental sinir sadece somatik sinir lifleri içermez ayrıca içerisinde ereksiyon ve ejakulasyonda rol alan bulbokavernöz ve iskiokavernöz kaslar innerve eden otonomik sinir liflerini de taşır (18).



Resim 4 . Penisin innervasyonu.

2.2 EREKSİYON

Penil ereksiyon, seksüel/erotik uyarıların tetiklediği santral psiko-nöro-endokrin olaylar sonucu gerçekleşen fizyolojik bir hadisedir (19). Penis flask durumda iken yani hiçbir cinsel uyarı yokken intrinsik düz kas tonusu sadece doku beslenmesini sağlayacak düzeyde kan akımına izin verir. Cinsel stimulasyon ile beraber artan nitrik oksit gibi nörotransmitter sayesinde kas tonusu gevşer bunun sonucunda sinüzoidlere gelen kan akımı artar kan akımı arttıkça emisser venler baskılanarak venöz dönüş engellenir. Böylece penis flask halde rijit hale geçmeye başlar. Bu hemodinamik olayların aşama aşama gerçekleşmesi neticesinde penil ereksiyon fizyolojik olarak altı fazda gerçekleşir.

Flask faz: Bu aşamada sempatik sinir sistemi baskın olup arterial ve venöz kan akışı sadece doku beslenmesini sağlayacak düzeydedir.

Latent (doldurma) fazı: Cinsel stimulasyon (görsel, işitsel, temas) sonucu kavernoöz sinirlerde salınan nörotransmitterler sayesinde kas tonusu düşer ve arteriyel vazodilatasyon sağlanır. Sonuç olarak kavernoözal arterde sistol ve diyastolde kan akımı arter ve peniste bir miktar ereksiyon olur.

Tümesans fazı: Tam ereksiyon elde edilene kadar kan akımı arttıkça intravernözal basınç artmaya devam eder. Basınç arttıkça kan akış hızı düşer ve intrakavernözal basınç diyastolik basıncı geçtiğinde diyastolik akım durur ve kan akışı yalnızca sistolde olur.

Tam ereksiyon fazı: Kan akımı arttıkça intrakavernosal basınç giderek artar. İntrakavernosal basınç sistolik basıncın %90'ına kadar çıkabilir.

Sert ereksiyon fazı: İskiokavernözal kasın kasılması sonucu intrakavernözal basınç sistolik basıncı aşar ve rijit ereksiyona neden olur. Bu fazda kavernoözal arterde kan akımı ölçülemeyecek düzeyde azdır ancak kısa süreli bir faz olduğu için dokuda hasar veya iskemi gözlenmez.

Detümesans fazı: Ejekulasyonu takiben ya da cinsel uyarının sonlanması ile sempatik tonik deşarj devam eder ve bu nedenle sinuzoid ve arteriollerin etrafındaki düz kaslar kasılır ve tekrardan flask faza dönülür.

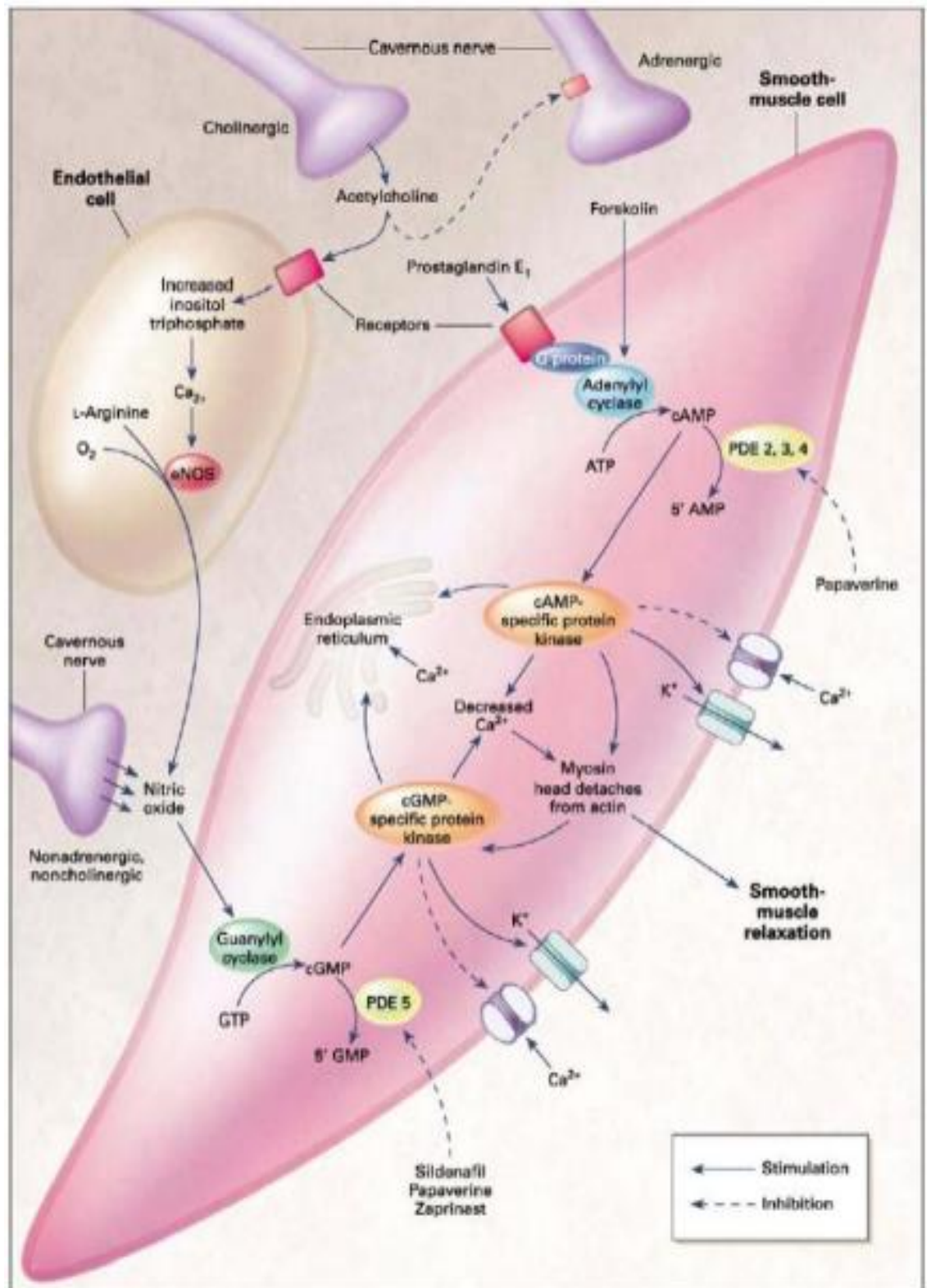
2.2.1 Ereksiyon Fizyolojisi

Seksüel davranışın ana kontrol merkezi diensefalonda bulunan dorsal hipotalamik bölge ve medial preoptik-anterior hipotalamik bölge olup buradan çıkan sinirler medulla spinalisdeki parasempatik merkeze (S2-4 bölesine) uğradıktan sonra pudental sinir ve nevri eringentes aracılığı ile genital bölgeye ulaşırlar (20- 23).

Asetilkolin nikotinic reseptörler üzerinden gangliyonik iletiyi sağlayan ve muskarinik reseptörler üzerinden vasküler düz kasları gevşeten nörotransmitterdir (24). Asetilkolin aynı zamanda ereksiyon esnasında endotel hücrelerinden nitrik oksit (NO) salınımına sebep olarak presinaptik adrenerjik inhibisyon ile düz kas gevşemesine yol açarak ereksiyona dolaylı olarak da katkıda bulunur (25).

Nonadrenerjik-nonkolinerjik sinirlerden ve endotelial hücrelerden salınan Nitrik oksit (NO), vasküler endotelyumda NO sentaz enzimi aracılığıyla L-argininden sentezlenir (26). NO ise guanilat siklaz enzimini aktive ederek guanozin monofosfatı (GMP) siklik guanozin monofosfata (cGMP) dönüştürür. Daha sonra cGMP, protein kinaz G'yi aktive ederek hücreye kalsiyum girişini azaltır (27, 28). Aynı uyarı ile ortaya çıkan prostaglandin E1 ise adenilat siklaz enzimini aktifleştirerek adenozin trifosfattan (ATP) siklik adenozin monofosfat (cAMP) oluşturur. Oluşan cAMP, protein kinaz A'yı aktive ederek hücre içerisine kalsiyum girişini azaltır. Her iki mekanizmanın birlikte çalışması ile hücre içi kalsiyum seviyesi düşer (28, 29) (Resim 5).

Hücre içi kalsiyum seviyesinin azalması ile ereksiyonu sağlayan kavernoözal kasların ve intrakavernoözal damarlar gevşer ve kan akımı artar. Kavernoözal sinüzoidler kanla dolmaya başlar ve ereksiyon gerçekleşir (30) (Resim 5).



Resim 5 . Ereksiyon mekanizması (31)

2.3 EREKTİL DİSFONKSİYON

2.3.1. Tanımı

Eretil disfonksiyon (ED); tatmin edici cinsel birliktelik için yeterli olan penil ereksiyonu sağlayamama veya ereksiyon halini yeterli süre sürdürememe olarak tanımlanır. Ereksiyonun sağlanabilmesi için bir çok sistemin uyum içerisinde çalışması gerekmektedir bunlar; vasküler sistem, endokrin sistem, sinir sistemidir. Bu sistemlerin herhangi birisindeki bir problem kaliteli ereksiyonun sağlanmasını engeller. Ayrıca sağlıklı bir psikolojik durum kaliteli ereksiyonun sağlanmasında kritik rol oynamaktadır.

2.3.2. Epidemiyolojisi

Eretil disfonksiyon tüm dünyada yaygın bir cinsel sağlık problemi olup görülme sıklığı yaş ile birlikte artmaktadır. Türkiye’de 2002 yılında yapılan prevelans çalışmasında 40 yaş üzerindeki erkeklerde oran %69.2 olarak bildirilmiştir (6). Çayan ve arkadaşlarının Türkiye’de 2760 erkek ile yaptıkları ve 2017 yılında yayımladıkları çalışmada ise 40 yaş üzerinde ED prevelansı %33 olarak saptanmıştır. Bu çalışmada prevelansın 40-49 yaş arasında %17, 50-59 yaş arasında %35.5, 60-69 yaş arasında %68.8, 70 yaş ve üzerinde ise %82.9 saptandığı bildirilmiştir (32).

2.3.3. Risk Faktörleri

Eretil Disfonksiyon diabetes mellitus (DM), hipertansiyon (HT), dislipidemi, obezite, metabolik sendrom, egzersiz eksikliği, sigara içimi gibi durumlardan doğrudan veya dolaylı olarak etkilenir. Kronik hastalıkların bir çoğu sinir, vasküler ve hormonal sistemleri etkileyerek eretil organlarda hasara neden olur. Ayrıca kullanılan ilaçlar, cerrahi girişimler, yaş, travma ve hastanın psikososyal yapısı da ED neden olur (33,34).

2.3.4. Erektile Disfonksiyonun Sınıflandırılması

Erektile disfonksiyon Uluslararası Empotans Araştırma Derneği tarafından etiyolojilerini göre üçe ayrılmıştır. Bunlar; organik, psikojenik ve karma nedenlerdir (35).

A-Organik ED

- 1- Vasküler kaynaklı; Arteriyel, Venöz, Miks
- 2- Nörojenik kaynaklı
- 3- Anatomik nedenler
- 4- Hormonal nedenler

B-Psikojenik ED

C-Karma Tip (organik ve psikojenik)

a) Organik ED:

Organik nedenler; Vaskülojenik, nörojenik, hormonal ve anatomik nedenlere bağlıdır. ED saptanan olguların %78'inde neden organiktir (35).

b) Psikojenik ED:

Cinsel isteksizlik ve cinsel olarak uyarılamama, bu duruma hastanın psikososyal yapısı neden olabilir.

c) Karma (organik/psikojenik) ED:

Bazen organik ve psikojenik nedenler beraber olabilir. Bu durumda hem organik patolojinin kendisi hem de bu hastalığın getirmiş olduğu anksiyete ve ruhsal durum bozukluğu ED'ye neden olur (35).

2.3.5. Erektıl Disfonksiyonda Tanı

Erektıl disfonksiyonu tanısında ilk basamak hastanın ve partnerinin detaylı medikal ve cinsel öyküsünü değerlendirmektir (35). Bunun için hastalar tarafından doldurulan anketlerin klinik önemi giderek artmaktadır. Bu anketler ED varlığını ve ED'nin şiddetini tespit etmede, tedaviye yanıtını takip etmede kullanılmaktadır (36). Bu alanda en yaygın kullanılan testlerden birisi Uluslararası Erektıl Fonksiyon İndeksi (IIEF) adı verilen 15 sorudan oluşan ve olguların seksüel disfonksiyonunu ereksiyon, orgazm, cinsel istek, ilişki memnuniyeti ve genel memnuniyet gibi başlıklarda sorgulayan ankettir.

ED şiddetinin değerlendirilmesinde kullanılabilecek anket formlarından bir tanesi de hastaların maksimum ereksiyon kapasitelerinin belirtilmesinin istendiği tek sorudan oluşan “Erection Hardness Score (EHS)” olarak adlandırılan formdur (Tablo 1). Hastalardan çeşitli görsel materyaller üzerinde maksimum ereksiyon kapasitelerini Grade 0-1-2-3-4 olacak şekilde belirtmeleri istenir (37, 38).

EHS 0: Penis büyümüyor
EHS 1: Penis daha büyük ama sert değil
EHS 2: Peniste sertleşme var, ancak penetrasyon için yeterince sert değil.
EHS 3: Penis penetrasyon için yeterince sert, ancak tamamen sert değil
EHS 4: Penis tamamen sert.

Tablo 1. Erection Hardness Score (EHS)

Radyolojik rutinde ise ED değerlendirilmesinde PDU penisin hemodinamik komponentini incelemeye olanak sağlar ancak invaziv bir testtir. Penisin temel vasküler yapısı olan kavernöz arterler gözlemlenerek arterial akım hızları (PSV, EDV) ve rezistif indeks gibi değerler Doppler US ile ölçülebilmektedir. Klinikte vasküler patolojilerden şüphelenilen ED hastalarında PDU istenir. İşlem öncesinde hastada ereksiyonun sağlanabilmesi için korpus kavernoza vazodilatator ajanlar uygulanır. Değerlendirme için yüksek çözünürlüğü sahip bir ultrasonografi cihazı ve 7-15 MHz prob kullanılır. Sağlıklı bir değerlendirme için 15-20 dk boyunca her 5

dakikada bir kavernözal arterden akım hızı ölçümleri yapılmalıdır. PDU incelemesi ile bakılması önerilerin parametreler şunlardır; PSV (peak systolic velocity), EDV (end-diastolic velocity). PSV'nin 30 cm/sn üzerinde olması normal olarak kabul edilir. PSV'nin 25 cm/sn altında olması arteriel ED olarak kabul edilir. PSV'nin 25-30 cm/sn arasında olması ise borderline olarak sınıflandırılır. EDV>5 cm/sn ise venöz ED olarak yorumlanır.

2.3.6. Erektile Disfonksiyonda Tedavi

Erektile disfonksiyon tedavisinde noninvaziv yöntemden başlayıp invaziv yönetime doğru basamaklı bir tedavi yöntemi kullanılmaktadır. ED tedavisi temel olarak 4 ana katogride incelenir bunlar;

- 1-Psiko-seksüel yaklaşım ve eğitim
- 2-Farmakolojik tedaviler
- 3-Mekanik tedaviler
- 4-Cerrahi tedaviler

Erektile disfonksiyon tedavisinde ilk olarak geriye döndürülebilir nedenlerin tespiti ve bunların modifikasyonu önerilir. Örneğin sigara içimi varsa bırakılması tavsiye edilir, DM ve HT gibi kronik hastalıklar varsa bunların kontrol altına alınmasını sağlanır. ED'ye neden olabilecek ilaç kullanımı mevcutsa ilaç değişikliği düşünülebilir. Obezite, metabolik sendrom ve lipid metabolizma bozukluğu olan hastalara kilo kaybı ve fiziksel egzersiz önerilmeli ve kan lipid seviyeleri kontrol altına alınmalıdır.

Noninvaziv ED tedavileri arasında oral ilaç tedavisi, vakum uygulaması ve psikoterapi yer alır (39). İkinci basamak tedavide minimal invaziv yaklaşımlara geçilir ve intrakavernöz enjeksiyonlar ve intrauretral ilaçlar kullanılır. Üçüncü basamak ED tedavisinde ise temel olarak penil revaskülarizasyon, venöz ligasyon ve protez gibi cerrahi yöntemler uygulanır.

1. Hastanın eğitimi ve bilgilendirilmesi:

Seksüel disfonksiyon şikayeti ile başvuran erkeklerin cinsel ihtiyaçları ve cinsel ilişkiden beklentileri konusunda hastanın anlayabileceği şekilde bilgilendirilmesi ED'nin tedavisinde birinci yaklaşım olmalıdır. Bu bilgilendirmenin ilerleyen süreçte cinsel tatmin duygusunda hastaya ve partnerine faydalı olduğu gösterilmiştir (39).

2. Yaşam tarzı değişiklikleri:

ED gelişmesinde rol alan ve modifiye edilebilen risk faktörleri içerisinde olan sigara içimi, sedanter yaşam şekli ve beraberinde getirdiği obezite ve metabolik sendrom gibi risk faktörleri yaşam tarzı değişiklikleri ile düzelebilen faktörlerdir ve bu faktörlerin düzelmesi ED tedavisinde önemli etkiye sahiptir.

3. Oral tedaviler:

Fosfodiesteraz 5 inhibitörleri (PDE5I), ED tedavisinde ilk basamakta kullanılan farmakoterapi ajanlarıdır. Sildenafil, vardenafil, tadalafil, avanafil günümüzde kullanılan başlıca dört etken maddedir. Bu maddeler kavernöz cisimdeki düz kaslarda bulunan fosfodiesteraz enzimini inhibe ederek seksüel uyarı boyunca oratama salınmış olan NO'nin ana efektörü olan cGMP'nin yıkımına engel olur ve cGMP yolağının sürekli aktif olmasını sağlar. Ancak unutulmamalıdır ki PDE5 inhibitörlerinin etkili olabilmesi için ortamda NO ve cGMP halihazırda bulunuyor olmalıdır yani PDE5I peniste ereksiyonu başlatan ajanlar değil; başlamış ereksiyonu devam ettiren ajanlardır (40).

4. İntrakavernozal enjeksiyon:

Oral ajanlara yanıtın yetersiz olduğu durumlarda tedaviye intrakavernozal vazoaaktif ajan enjeksiyonu ile devam edilebilir. Bu enjeksiyonların ED tedavisindeki başarı oranı %85'e kadar çıktığı gösterilmiştir. Enjeksiyon yapıldıktan 5-15 dakika penil ereksiyon sonrasında başlar (40, 41).

5. Medikal cihazlar

Oral tedavi ya da enjeksiyon tedavisine yanıt alınamadığı durumlarda veya bu tedavi şekillerinin uygun olmadığı hastalarda vakum ereksiyon cihazı alternatif tedavi seçeneği olarak uygulanabilir. Bu cihazlar penis etrafında negatif basınç oluşturarak penisi kan ile doldurur, kavernöz cisimde pasif tıkanıklık durumu yapar ve ereksiyon benzeri etki yaratır (40). Bu tedavi şeklinin noninvaziv olması avantajıdır ancak el becerisi gerektirmesi dezavantajıdır.

6. Şok Dalga Tedavisi (SWT):

Son zamanlarda nispeten yeni bir tedavi olarak kullanılan SWT hafif ED tedavisinde düşük yoğunluklu ekstrakorporeal ses dalgaları yardımıyla kan akımını artırarak ED tedavisine katkı sağlar. (42, 43, 44).

7. Cerrahi:

a. Vasküler cerrahi:

Perineal ya da pelvik bölgeye alınan travma sonucu ED gelişen genç hastalarda penil revaskülarizasyonun uzun dönemde %60-70 başarı oranı olduğu gösterilmiştir (40). Bu cerrahi işlem öncesinde penil arteriografi yöntemi ile darlık olduğu mutlaka gösterilmelidir. Korporeal veno-oklüziv disfonksiyon revaskülarizasyon için kontraendikasyon olması sebebiyle işlem öncesinde mutlaka dışlanmalıdır (40).

b. Penil protez implantasyonu:

Farmakoterapiye yanıt vermeyen ya da uygun olmayan hastalarda veya hastanın tercihi değerlendirildiğinde penil protez implantasyonu ED’de son basamak tedavi seçeneği olarak düşünülebilir. Günümüzde semi-rijid (malleable) ve şişirilebilir (inflatable) olmak üzere iki çeşit protez modeli mevcuttur. Şişirilebilir protezler de

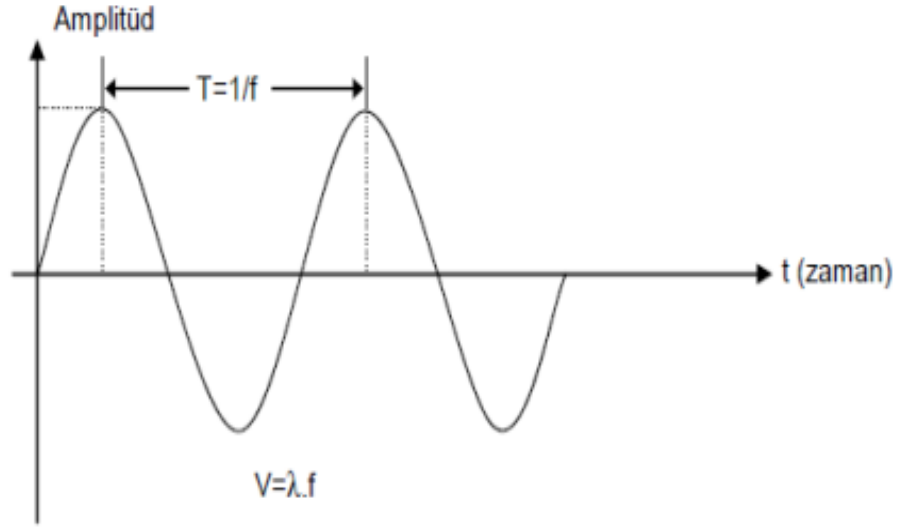
kendi içinde iki parçalı ve üç parçalı olmak üzere iki modele ayrılır. Doğal ereksiyona en yakın şekilde ereksiyon sağladığı için hastaların en çok tercih ettiği model üç parçalı şişirebilir protez model olsa da günümüzde; protez modellerinin tatminkar cinsel ilişkiye girme oranlarını karşılaştıran bir çalışma henüz mevcut değildir. İki parçalı şişirilebilir protez modeli ise rezervuar yerleştirme açısından yüksek riskli sayılabilecek hastalar (geçirilmiş abdominal cerrahi öyküsü olan) için uygun olan modeldir. Semi-rijid protez modelinin; kolay implantasyon tekniği ile yerleştirilebilmesi ve kullanımının basit olması gibi avantajları olmasına rağmen penisin daima erekte pozisyonunda olması ve bu sebeple gizlenebilirliğin düşük olması gibi dezavantajları mevcuttur (45).

2.4. ULTRASON FİZİĞİ

Ultrason (US), yumuşak doku ve organları yüksek frekanslı ses dalgaları kullanarak inceleyen bir görüntüleme yöntemidir. Çeviricide (transduser) üretilen yüksek frekanslı ses dalgaları dokulardan yansır dönen ekolar ise çevirici tarafından saptanıp cihazda değerlendirildikten sonra kesitsel ve gerçek zamanlı görüntüler elde edilir. Bilgisayarlı Tomografi (BT) ve Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) ile karşılaştırıldığında uygulanabilirliği kolay ve portabl özelliktedir. Ayrıca X ışınıyla yapılan incelemeler gibi iyonizan radyasyon içermemektedir.

2.4.1. Sesin Dalgasının Özellikleri

Ses elastik madde içerisinde sıkışma ve gevşeme periyotları ile yayılan mekanik bir enerjidir. Bir sıkışma ve gevşeme periyodu bir ses dalgasıdır. Birim zamanda tekrarlayan dalga sayısına frekans denir. Sesin frekans birimi onu tanımlayan fizikçinin adına ithafen Hertz (Hz)' dir. 1 Hz saniyede bir ses dalgasına karşılık gelir. İnsan kulağı 20-20000Hz aralığındaki ses dalgalarını duyabilir. Bu değerlerin altındaki ses dalgalarına infrases, üstündekilere ise ultrases denir. Doğal ortamda canlılar tarafında üretilen seslerin frekasları 20-70KHz arasında değişmektedir. Ultrasonografi cihazı tarafından üretilen ses dalgalarının frekansı 2-15 MHz aralığındadır ve insan kulağının duyabileceğinden daha yüksektir. Her ses dalgasının dalga boyu (λ), amplitüdü ve frekansı (f) vardır (Resim 6). Ses frekansı arttıkça dalga boyu kısalır (56, 57).



Resim 6. Ses dalgası

Sesin yayılma hızı maddeden maddeye değişmekte olup sesin yayılım hızı temel olarak maddenin sertliğine, sıkıştırılabilirliğine karşı direncini gösteren elastiklik derecesine (B) ve dansitesine (p) bağlıdır.

Ses hızı formülleri,

$$c \text{ (m/sn): } \sqrt{B/p}$$

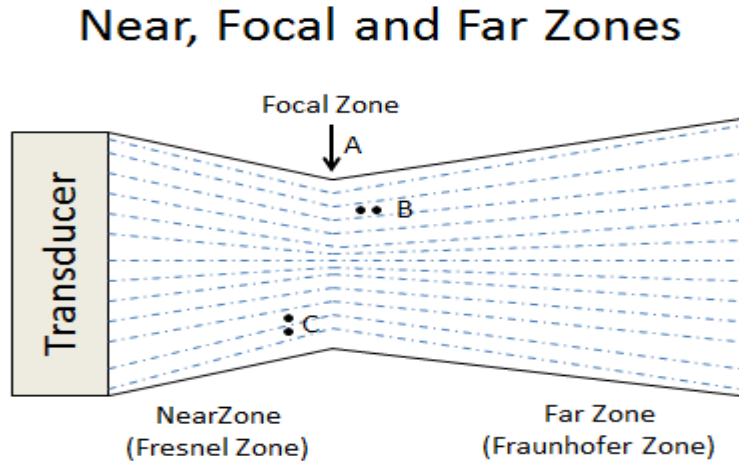
$$c: \lambda \times f \text{ (m/sn)}$$

c: ses hızı, λ : dalga boyu, f: frekans

Sesin yumuşak dokuda ilerleme hızı ortalama 1540 m/sn olarak kabul edilir. Farklı iki dokunun sınırında ses hızının değişmesi ultrasonografik görüntü kontrastının ana nedenidir (56).

2.4.2. Ses Demetinin Özellikleri

Çeviricide üretilen ses dalgaları kaynak yüzeyine dik olarak yayılır. Ancak frekans arttıkça ve dalga boyu küçüldükçe, ses dalgaları dik yayılım özelliklerini kaybedip konik yayılım özelliklerine sahip olmaya başlar. Sonuç olarak, ses dalgasının içerisinde dik ve konik yayılan demetler vardır ve bu nedenle enerji dağılımı homojen değildir. Enerji dağılımı dışarı doğru heterojen, birbirinden uzakta ve enerjisi az iken orta kısımda daha homojen ve enerjisi yüksektir. Ses demetlerinin mümkün olduğunca birbirine yakın olarak yayıldığı prob yakın bölgesi Fresnel zon olarak bilinir. Ses demetlerinin birbirinden uzaklaştığı bölge ise Fraunhofer zon olarak bilinir (Resim 7).



Resim 7. Ses demetinin yapısı

Yakın zon ses demetinin lineer olarak görüldüğü alan olup, çevirici komşuluğundan başlar. Yakın zon ses demetinin lineeritesinin bozulmaya ve periferik doğru genişlemeye başladığı bölgeye kadar devam eder. Görüntü rezolusyonunun (aksiyel-lateral) en iyi olduğu yer yakın zondur. Kullanılan transduser çapı ve ultrason frekansı yakın zonun genişliğini etkiler. Transduser çapı ve ses frekansı arttıkça yakın zon genişler. Uzak zon, ses demetinin paralel yapısının kaybolduğu periferik doğru yelpaze gibi genişlediği yerdir. Uzak alanda görüntü rezolusyonu azalır ve ses demeti yelpazesinin genişlemesi nedeniyle görüntü alanındaki cisimler normalden farklı algılanır.

2.4.3. Sesin Üretimi

Piezo-elektrik bir olay ile ultrasonik ses dalgaları oluşturur. Pierre ve Jacques Curie tarafından 1880'de keşfedilen piezo-elektrik olay, quartz gibi bazı kristallerin alternatif akım ile uyarıldığında sertleşip gevşeyerek mekanik titreşimle ses üretmesi ve basınç ile karşılaştıklarında ise elektrik üretmesi ile ilgilidir (57). Günümüzde zirkonat-titanat gibi yapay seramiklerle istenilen frekansta ses dalgası üretilirken, eskiden kuartz gibi doğal maddeler kullanılıyordu. Bu amaca hizmet eden seramik disklerle çevirici denir. Seramik disklerin kalınlığı arttıkça üretilen ses frekansı azalırken, seramik kalınlığı azaldıkça üretilen ses frekansı artmaktadır. Bu nedenle üretilen ses frekansı sınırlıdır (58).

2.4.4. Sesin Doku ile Etkileşimi

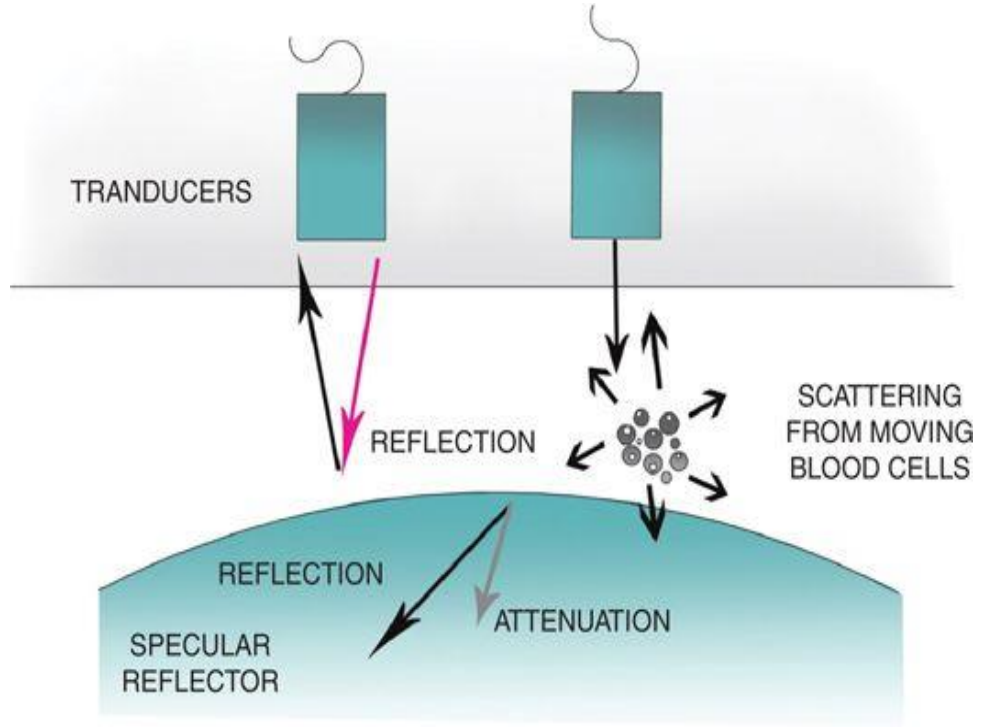
Ses dalgası dokularda ilerlerken etkileşime uğrarlar bunlar; kırılma, soğrulma ve yansımadır (Resim 8). Ses ile madde arasındaki etkileşimin temel belirleyicisi maddenin sese karşı gösterdiği direnç olan akustik empedansdır. Bir dokunun akustik empedansını ilgili dokunun yoğunluğu ve elastisitesi belirlemekte olup $Z = p \cdot c$ formülü ile ifade edilir.

Z: Akustik empedans ($\text{kg/m}^2 \text{ sn}$),

p: kg/cm^3 cinsinden maddenin yoğunluğu,

c: m/sn cinsinden ses dalgasının ortamdaki yayılma hızıdır.

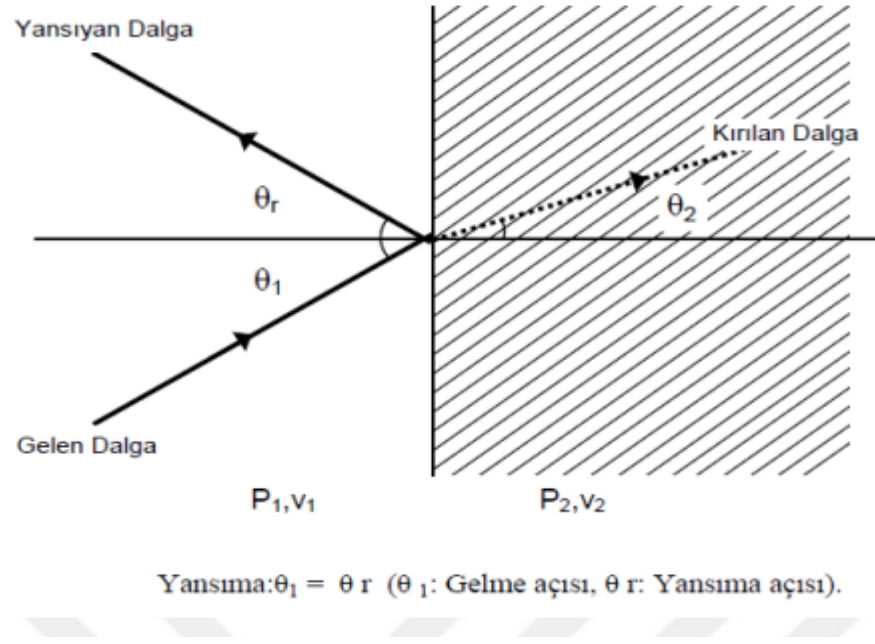
İki doku arasındaki yoğunluk farkı arttıkça yansıyan eko daha şiddetli olur. Dokulara gönderilen ses dalgasının yansıma miktarı, dokuların akustik empedansları arasındaki farklılık yoluyla ölçülür. Kemik ve hava ara yüzeyi gibi dokular arasında büyük bir empedans farkı olduğunda, ses enerjisinin büyük bir kısmı yansıtılır. Daha az akustik empedans farkı olan yağ ve kas dokuları, ses enerjisinin çok az yansımaya neden olur (58, 63).



Resim 8. Sesin doku ile etkileşimi

2.4.4.1. Yansıma (Refleksiyon)

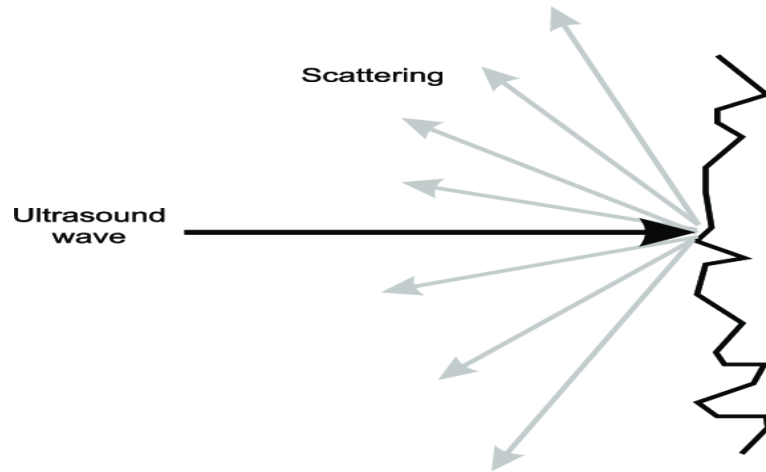
Akustik impedans, sesin geliş açısı, yüzeyle dalga boyları arasındaki ilişki ve incelenecek dokunun yüzeyi, ses dalgasının yansıma özelliğini belirleyen faktörlerdir. Maddenin sese karşı gösterdiği direnç, akustik empedans arttıkça artar ve yansıma artar (58, 63). Sesin geliş açısına ve sesin etkileştiği doku yüzeyine bağlı olarak yansıma şekli değişir. Geniş ve düz bir yüzeye dik bir ses dalgası dik açıyla yansır. Öte yandan, eğik bir ses dalgası geliş açısına eşit açıyla yansır (Resim 9).



Resim 9. Sesin Yansıması

2.4.4.2 Saçılma (Scattering)

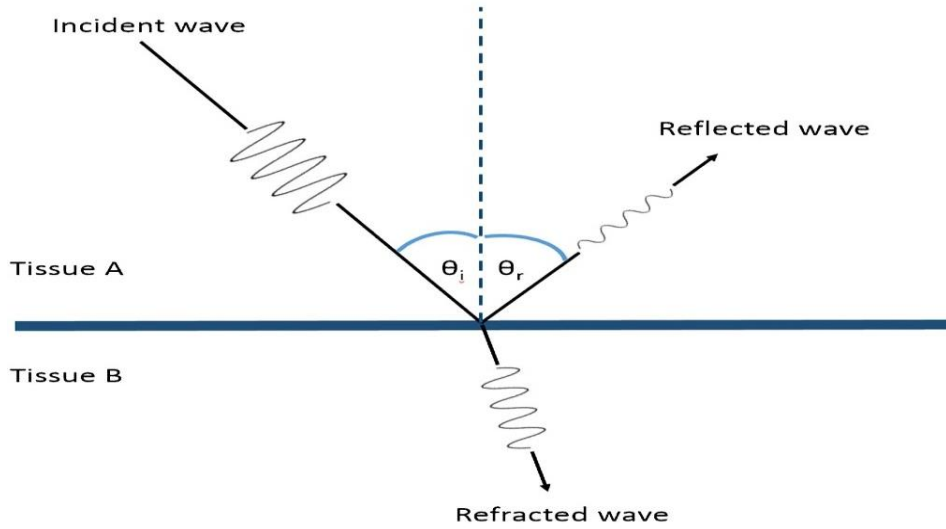
Sesin etkileşime girdiği doku yüzeyi düz bir yapıya sahip değilse yansıma her yöne eşit olarak olur. Bu yansıma türüne diffüz saçılma denir. Eğer bu yansıtıcı yüzey yapıları sesin dalga boyundan küçük ve eşitse yansıma her yöne olur. Bu özel saçılma türüne Rayleigh saçılma denir (Resim 10). Bu saçılma organların karakteristik parankim görüntüsünü oluşturur (56).



Resim 10 . Sesin Saçılması

2.4.4.3. Kırılma (Refraksiyon)

Ses dalgası ortam değiştirdiğinde hızı ve dalga boyu yeni ortama uyarken frekansı sabit kalır. Ses demeti belli bir açı ile geldiğinde sesin bir kısmı yansır bir kısmı ise ses yönünde ve dalga boyunda değişikliğe neden olan kırılma (refraksiyon)'ya uğrar (Resim 11). Eğer ses dalgası kırılıma uğradığı dokuda daha hızlı yayılıyorsa kırılma dışı doğru, daha yavaş yayılıyorsa kırılma içi doğru olur. Dokular arasında ses dalgasının hızı değişmiyorsa kırılma olmaz. Kırılma görüntülenmek istenilen objelerin olması gerektiği yerden başka yerde gösterilmesine neden olarak görüntüde distorsiyona, artefakt oluşumuna, ve çözünürlükte azalmaya neden olmaktadır (56-63).



Resim 11. Sesin Kırılması (Refraksiyon)

2.4.4.4. Soğurulma (Absorbsiyon)

Dalga şeklinde bir enerji olan ses dalgası ortamda ilerlerken enerjisinin bir kısmını doku içindeki moleküllere aktararak dokuda vibrasyona, rotasyona ve ısınmaya neden olur. Böylece sesin enerjisinde ve ses dalgası şiddetinde azalma meydana gelir. Bu olaya soğurulma denir (58).

2.4.4.5. Zayıflama (Atenuasyon)

Çevirici tarafından üretilen ses demeti dokulardan geçerken etkileşime uğrar. Bunlar soğurulma, saçılma ve yansımadır. Sonuç olarak başlangıçta çeviricide üretilen ses demetinin enerjisi ve şiddeti azalır. Bunlar arasındaki en önemli etkileşim soğurulmadır. Görüntü çözünürlüğünü etkileyen en önemli faktörlerden birisi sesin frekansıdır. Sesin frekansı arttıkça enerjisi düşer, penetrasyon yeteneği azalır ve derin dokuların görüntülenmesi zorlaşır. Derin dokuların dokuları görüntülenmesinde daha düşük frekanslı yani daha yüksek enerjili ses demetleri kullanılmalıdır (59).

2.4.5. Ultrasonografik Görüntüleme Şekilleri

3 farklı ultrasonografik görüntüleme metodu vardır (Resim 12).

2.4.5.1. A-Mod (Amplitüd Modu)

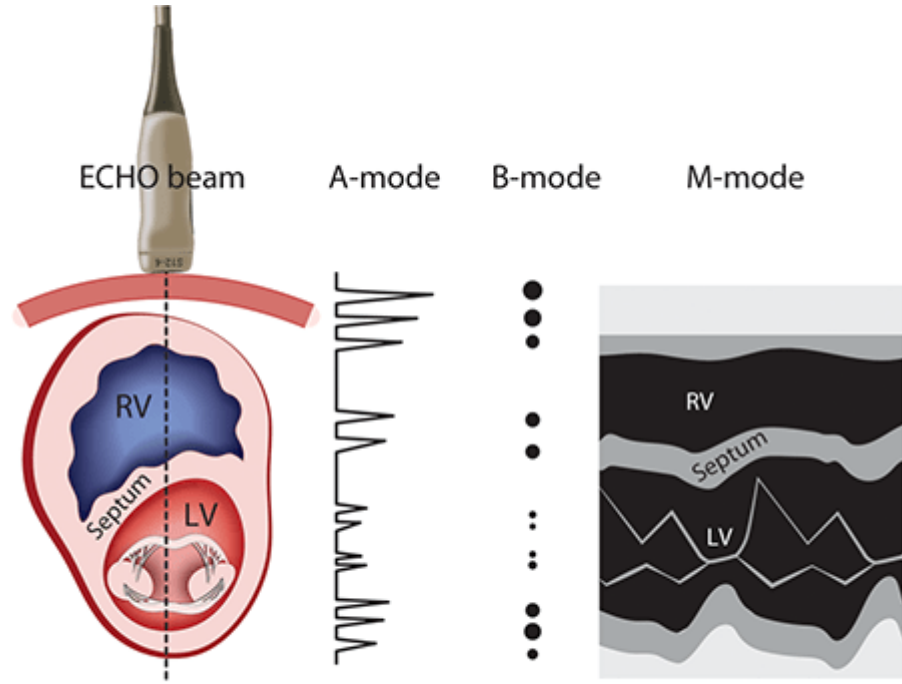
Bu yöntemde proba yansıyan ekoların amplitüdları ve mesafeleri, incelenen yapıların vücut içindeki derinliklerini gösterir. Günümüzde kullanım alanı oldukça azalmış olsa da, bu teknik gözde hassas mesafe ölçümleri yapmak için kullanılabilir. A modunda veriler sadece sayısaldir ve incelenen kesim görünmez. Günümüzdeki modern aygıtlarda yoktur (61).

2.4.5.2. M-Mod (Motion=Hareket Modu)

Bu görüntüle modunda hareketli yapılardan yansıyan ekolar zaman/pozisyon grafiğı şeklinde kaydedilir. Temel olarak kalbin değerlendirilmesinde kullanılır (56).

2.4.5.3. B-Mod (Brightness=Parlaklık Modu)

Bu yöntemde incelenen dokuya gönderilen ve proba yansıyan ekolar şiddetleri ile orantılı olarak parlak noktalar halinde ekranda iki boyutlu olarak gösterilir (56, 64).



Source: Bijan Siassi, Shahab Noori, Ruben J. Acherman, and Pierre C. Wong: *Practical Neonatal Echocardiography*
Copyright © McGraw-Hill Education. All rights reserved.

Resim 12. Ultrasonografik Görüntüleme Şekilleri

2.5. ULTRASON ELASTOGRAFI

2.5.1. Ultrason Elastografi Hakkında Genel Bilgi

Elastografinin temel prensibi, tarihi milattan önce 1552'de yapılan palpasyon ile aynıdır. Palpasyonda dokunma reseptörleri parmaklar ile muayene edilen dokudaki lokal stress seviyeleri tespit edilmeye çalışılarak dokunun sertlik ve yumuşaklık durumu hakkında yorum yapılır (46). Parmaklar ile hissedilen stres seviyesi ne kadar yüksekse doku o kadar sert hissedilir (47). Elastografi yöntemi ise temelde aynı mantığı kullanarak dokuların stress seviyelerini ses dalgalarını kullanarak belirlemeye çalışır. Sonoelastografinin doku görüntülemeye ilk kullanımı 1987 yılında olmuştur. Elastografi; dokuların uygulanan bir kuvvet karşısındaki yanıtını ve bu sayede sertlik ve elastikiyetini ölçen bir görüntüleme metodudur. Sonoelastografinin ilk kullanım alanları meme, tiroid vs. gibi palpasyonla muayene edilebilen organlar olmuştur. Sonoelastografinin temeli; patolojik dokuların normal dokulara oranla daha sert olmaları ve esneklik katsayılarının daha az olmasına dayanır.

Elastografi pratiğinde sık kullanılan terimler şunlardır; stiffness, strain, shear wave (SW), Acoustic Radiation Force Impulse Imaging (ARFI), Shear Wave Elastografi ve Transient Elastografi (TE)' dir. Bir dokunun uygulanan bir kuvvetle şeklini koruyabilme yeteneği 'stiffness' olarak bilinir. Bir dokunun uygulanan dış kuvvet ile aksiyel planda hareketi 'strain' olarak adlandırılır (48). Shear Wave Elastografi terimi, 'kayma dalgası' anlamına gelir. Bu yöntemde ses dalgaları, dokunun ses dalgası ile uyarılmasından sonra uygulanan kuvvete dik planda, yani laterale doğru oluşur (46).

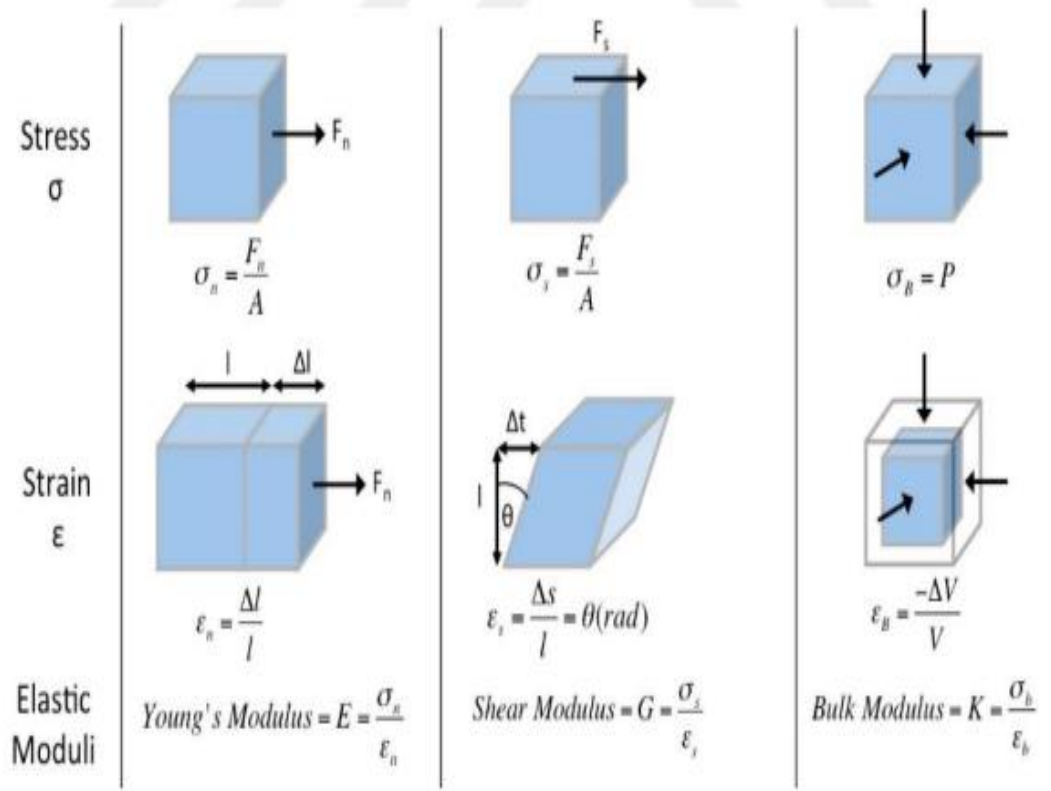
Elastiklik katsayısı en doğru şekilde Young tarafından ifade edildiğinden günümüzde Young'ın Katsayısı olarak da bilinmektedir. Genel olarak birim yüzeye uygulanan kuvvete stres, meydana getirdiği bağıl şekil değişikliğine gerinim (strain), bu iki nicelik arasındaki orana esneklik katsayısı denir. Burada katsayı değeri incelenen yapının şekil ve boyut özelliklerinden bağımsız olduğu için dokuların kendisinden çok fonksiyonel özellikleri hakkında bilgi vermekte ve elastiklik değerleri başka olan dokular arasında kıyaslama yapılmasına imkan sağlamaktadır (49).

Esneklik katsayısı (Young modülü) = F (kuvvet, stres) / Gerinim (strain) (49).

İncelenen dokuların esnekliğini belirlemek için üç adet katsayı tanımlanmıştır bunlar:

- Young katsayısı
- Makaslama veya torsiyon katsayısı
- Volüm katsayısı

Doku yüzeyine dik olarak uygulanan kuvvet (stres (σ) ile doku boyutlarında meydana gelen azalma esneklik katsayısı olarak ifade edilir. Makaslama katsayısı ya da 'Shear Modülü', uygulanan transvers stresin meydana gelen transvers gerinime oranı olarak bilinir yalnızca dokunun yüzeyine paralel olarak uygulanan kuvvete yanıt olarak meydana gelen deformite ile ilişkilidir. Volüm katsayısı ya da 'Bulk Modülü' ise uygulanan kuvvetle dokuda meydana gelen hacimsel değişikliği gösterir (50, 51). Bu tanımlar Resim 13'de gösterilmiştir.



Resim 13. Strain, stres ve esneklik katsayıları şematik görünümü

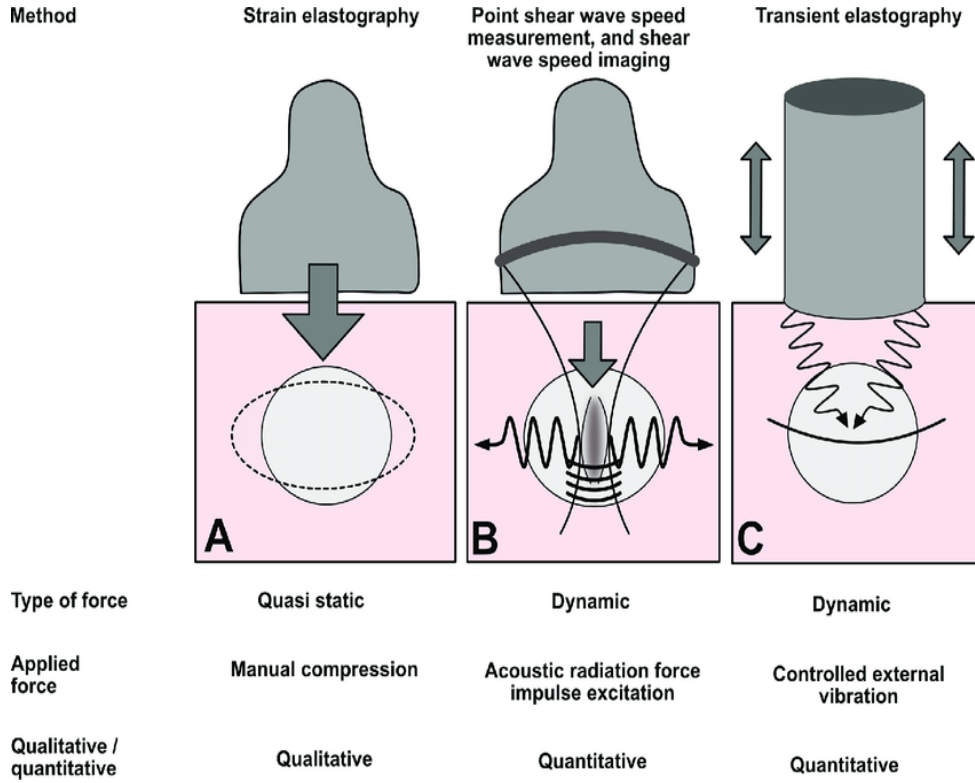
Günümüzde çok çeşitli elastografi yöntemleri mevcut olup bu yöntemler statik ve dinamik yöntemler olmak üzere iki ana grupta incelenmektedir.

2.5.2. Ultrason Elastografi Teknikleri

2.5.2.1. Strain Elastografi

Strain elastografi yöntemi yarı-statik ve yarı-kantitatifdir ve ilgili alana prob ile bası yapılır. Görüntüler, uygulanan kuvvetle dokuda meydana gelen yer değişimini gösterdiğinden gerçek zamanlı olarak gösterilir. Bu teknikte dokunun uygulana kuvvet yönünde şekil değişikliği göstermesi strain olarak ifade edilir (Resim 14). Vücut yüzeyine ultrason probu ile uygulanan bası ve geri çekme, dokuya uygulanan kuvveti gösterir. B-mod ve renkli elastogram şeklinde monitörde, dokunun prob ile bası (kompresyon) ve probun geri çekilmesi (dekompresyon) sırasında hareketini gerçek zamanlı olarak izlemek mümkündür. Strain elastografide elde edilen görüntülerde dokular, strain özelliklerine göre renkli veya gri skala görüntülerde kodlanır. Sert

dokular genellikle mavi renkte görünürler, yumuşak dokular kırmızı renkte görünürler ve orta sertlikteki dokular yeşil renkte görünürler (46).



Resim 14. Elastografi yöntemleri ve B mod US fiziği

2.5.2.2. Shear Wave Elastografi (SWE)

Shear wave elastografi yöntemi dinamiktir. Bu yöntem, incelenen derinlikteki dokuya odaklanan akustik dalgalar yardımıyla dokuda oluşan shear dalgalarının yayılımını ölçer (Resim 15). Çok hızlı bir şekilde (saniyede 20 000 görüntü) ultrason görüntülerinin işlenmesi, shear dalgalarının ilerleyişinin belirlenmesini sağlar. Bu yöntemle veriler milisaniyeler düzeyinde elde edildiğinde gerçek zamanlı bir ultrason elastografi yöntemidir (46). Dokun elastikiyeti, kilo Pascal (kPa) olarak ve shear dalgalarının hızları m/sn olarak gösterilir. Dokunun elastikiyetini ölçmek için $E = \rho c^2$ formülü kullanılır (52). Bu formülde E doku elastisitesini, ρ doku dansitesini (kg/m^3) ve c SW (m/sn) hızını gösterir.

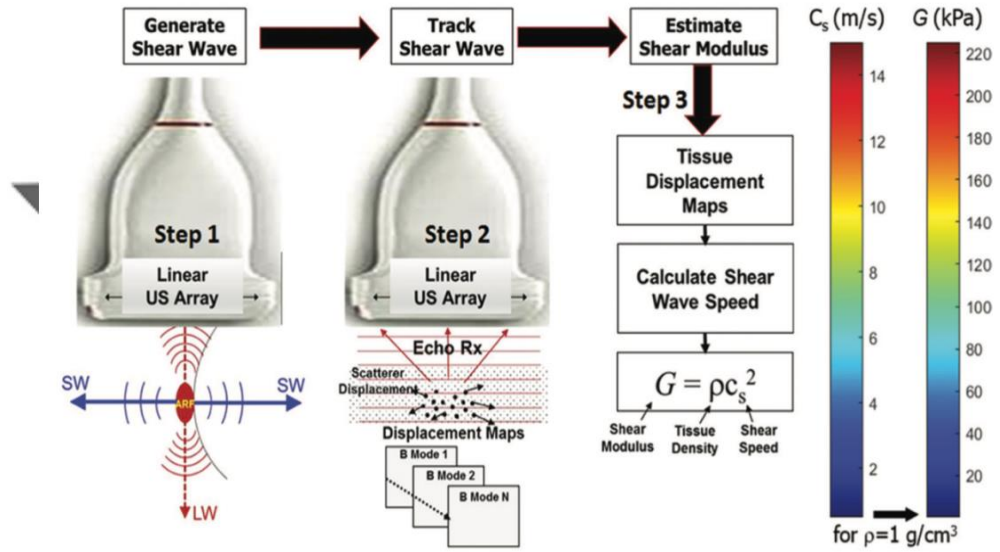
SWE ölçümlerinde; $G = \rho \times c^2$ formülü kullanılır (52).

$$G = \rho \times c^2$$

G = Doku sertlik derecesi (kPa)

ρ = Doku dansitesi (kg/m^3)

c = Hız (m/sn)



Resim 15. SWE temel fiziği

2.5.2.3. Transient Elastografi

Transient Elastografi tekniği de dinamik bir yöntem olup SWE'ye benzemektedir. Karaciğer değerlendirmesinde kullanılan ilk ultrason elastografi tekniğidir. Hasta supin pozisyonunda yatarken karaciğer interkostal aralıklardan incelenir. Shear dalgaları, cilt yüzeyinde uygulanan ultrason probu tarafından aralıklı olarak üretilir. Shear dalgalarının doku içindeki hareketi, dokunun ne kadar sert olduğuna bağlıdır. Shear dalgaları, doku sertleştikçe hızlanır. Teknik avantajı, gözlemciler arasında çok az farklılık olmasıdır. Bununla birlikte, TE tekniğinde görüntü elde edilemez çünkü görüntüleme M-Mod'dakine benzerdir. Bu nedenle, fokal karaciğer lezyonlarının araştırılmasında kullanılamaz (53). TE yönteminin obezlere uygulanması sınırlıdır ve obezite arttıkça daha az güvenilir hale gelir. TE, perihepatik sıvı varlığında kullanılamaz (46).

2.5.2.4. Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI)

Bu yöntemde doku sertliği, shear wave dalgaları ve dokunun yer değişimi ile ölçülür. Gönderilen konvansiyonel ses dalgalarıyla dokudaki yer değişimi ve oluşan shear dalgasının hızını ölçen farklı ARFI teknikleri mevcuttur. Dokunun sertlik özelliğine bağlı olarak yer değişimi değişir. Esnek dokularda yer değişikliği daha fazladır ve tipik olarak 1 ila 20 mikron arasındadır (54).

3. MATERİYAL ve METOT

3.1 Çalışma popülasyonu

Bu prospektif çalışma Antalya Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyoloji Kliniği bünyesinde, çalışma öncesi Sağlık Bilimleri Üniversitesi Antalya Eğitim ve Araştırma Hastanesi Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan 25.05.2023 tarihinde, 7/26 karar no'lu onay alınarak yapılmıştır.

Çalışmamıza Antalya Eğitim ve Araştırma Hastanesi Üroloji Kliniği'ne başvuran 38-75 yaş aralığında yaş ortalaması $55,27 \pm 8,31$ olan düzenli heteroseksüel aktiviteye sahip (haftada en az bir kez) ve en az 6 aydır ED öyküsü olan, penil travma, operasyon öyküsü, Peyroni's hastalığı ve konjenital penil deformitesi olmayan 48 ED hastası dahil olmuştur. Normal grupta ise 7 olgu çalışmaya dahil edilmiş olup yaş ortalaması $49,28 \pm 11,98$ olarak bulunmuştur. Ultrasonografik incelemeler Kasım 2022 – Şubat 2023 arasında yapılmıştır.

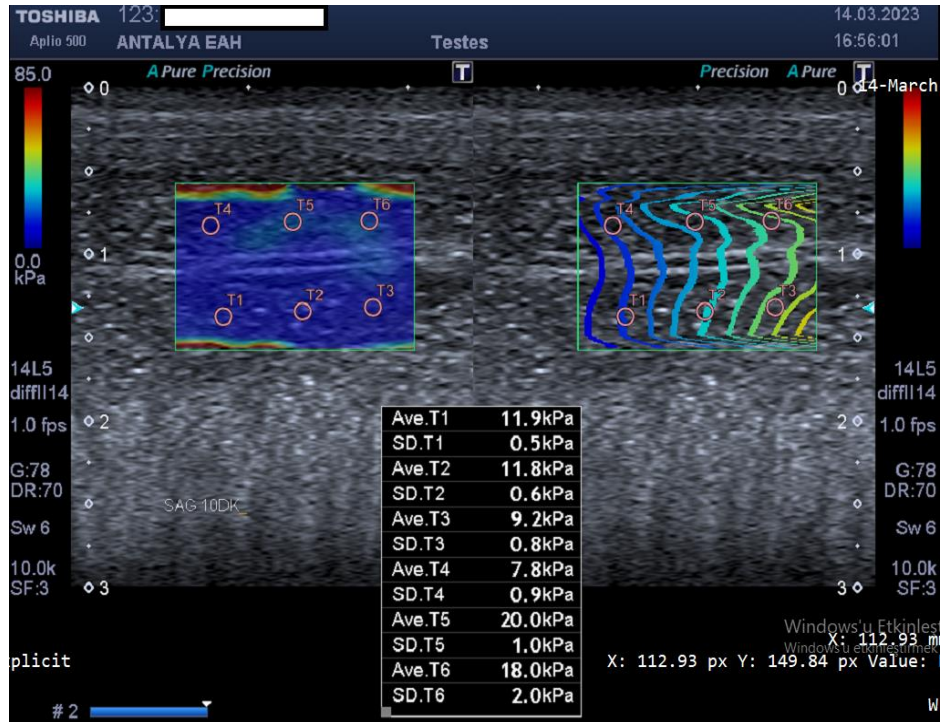
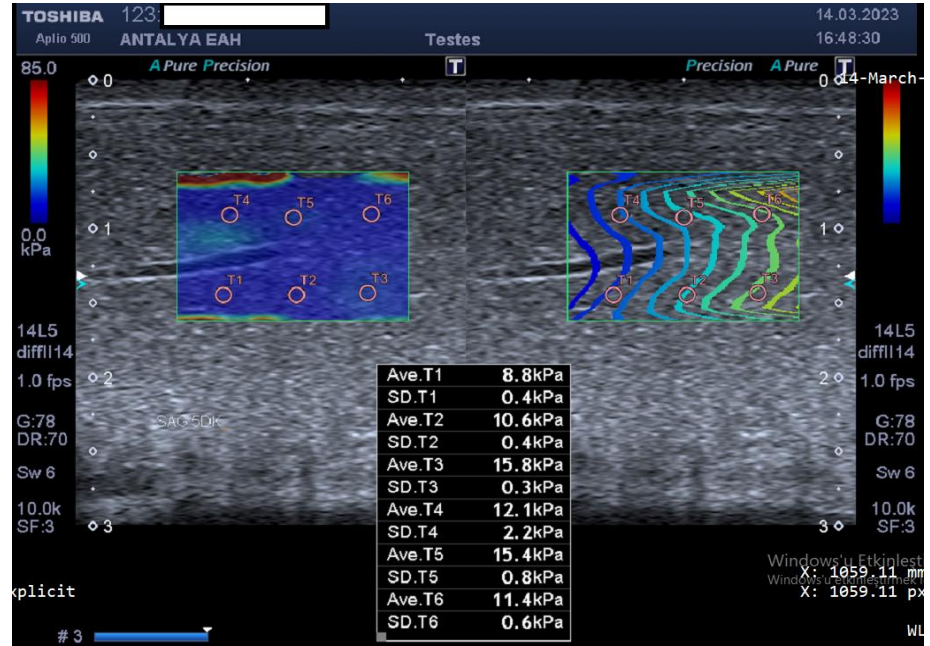
3.2 Görüntüleme Protokolü

Ultrasonografik incelemeler Toshiba Aplio 500 (Tokyo, Japonya) cihaz ile 6-15 MHz band genişliğinde lineer prob kullanılarak yapılmıştır. Olgulardan supin pozisyonunda yatarken tek eliyle glans penisden tutup, penisin dorsal yüzünü karın ön duvarına doğru fazla bastırmadan yaslayıp sabit tutması istendi. Ardından PDU ve SWE ölçümleri her iki KK'ya penoskrotal bileşke düzeyinden, flask durumda (0. dk)

ve sol KK'ya IC 2ml (50m) Alprostadil E1 (prostalandin E1, Taide Co., Beijing, China) enjeksiyonundan sonra 5. 10. 15. dakalarda yapıldı. PSV'nin 30 cm/sn üzerinde olması normal olarak kabul edildi. PSV'nin 30 cm/sn altında olması arteriel ED, EDV>5 cm/sn ise venöz ED olarak kabul edildi. Ölçümler aynı araştırmacı tarafından üç defa tekrarlanıp ortalaması alındı. İşlem sonrasında (15. dk) hastaların penil tūmesans gradeleri "Erection Hardness Score (EHS)" baz alınarak not edildi. Ölçümler sonunda sağ ve sol KK SWE ve PSV değerlerinin ortalaması alınıp ortalama SWE ve PSV değeri olarak kabul edildi ve analiz için kullanıldı.

Olgular ilk önce nötral pozisyonda konjenital deformiteler, fibrosis ve kalsifikasyonlar açısından değerlendirildikten sonra sol KK'ye steril koşullarda insülin enjektörü ile IC 2ml (50mg) Alprostadil E1 (prostalandin E1, Taide Co., Beijing, China) enjeksiyonu yapıldı. PDU ve SWE ölçümleri 5. 10. 15. dakikalarda penoskrotal bileşke düzeyinden yapıldı. Tüm PDU incelemelerinde spectral Doppler açısı 30-60 derece olarak ayarlandı. PDU incelemesi sonrasında sağ ve sol KK 'dan elde olunan PSV ve EDV değerleri not edildi. SWE ölçümleri, PDU incelemesinden hemen sonra yapıldı. SWE ölçümleri için ultrason probu penis ventral yüzüne KK uzun eksenine paralel olacak şekilde yerleştirildi. Prob ile kompresyon uygulamadan, shear wave elastografik kutu ortasında kavernal arteri içerecek şekilde yerleştirildikten sonra kavernal arterin superior ve inferioruna üçer adet ROI yerleştirilerek toplamda altı adet ölçüm yapıldı (Resim 16, 17). Ölçümler sağ ve sol KK için ayrı ayrı yapıldı. Ölçülen shear wave hız değerlerinin ortalaması alınıp kilopascal (kPa) biriminde kaydedildi.

Resim 16. 5.dk Sağ KK SWE ölçümü



Resim 17. 10.dk sağ KK SWE ölçümü

3.3 İstatiksel Veri Analizi

Penil Doppler US ve SWE incelemeleri sonucu elde ettiğimiz PSV, EDV, SWE, EHS ve fSWE değerleri için tanımlayıcı istatistiksel veriler olan ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler hesaplanmıştır. ED subtipleri (arterial, venöz) için gruplar arasında elde edilen veri setleri arasında fark olup olmadığı hesaplanmıştır. PSV, EDV ve SWE arasında ilişkiyi hesaplamak için korelasyon analizleri yapılmıştır. Doppler incelemede elde olunan PSV hız değerlerine göre Grup 1: 10-20 cm/sn; Grup 2: 20-30 cm/sn; Grup 3: 30-40 cm/sn ve Grup 4: >40 cm /sn arasında SWE değişim trendi analizi yapılmıştır. Tatmin edici cinsel birlikteliği sağlayan ereksiyon için cutt-of SWE değeri belirlemek için PSV>30 cm/sn ve EHS (Grade 3-4 vs Grade 1-2)'ye göre ROC analizi yapılmıştır. Yaş ile birlikte flask haldeki SWE değerlerinin değişim trendi analiz edilmiştir. Son olarak ise 15. dk sonunda elde edilen EHS ile ortalama SWE arasındaki ilişki incelenmiştir.

Verilerin analizinde SPSS 25 (IBM Corporation, NY, USA) programı kullanılmıştır. Veri analizinde normal dağılımlı olanlarda parametrik yöntemler ve normal olmayan dağılımlarda parametrik olmayan yöntemler kullanılmıştır. Örneklem yeterli büyüklükte olduğu ($n > 25$) iki kategorili bağımsız değişkene ilişkin bir bağımlı değişkenin karşılaştırılmasında bağımsız gruplar t testi kullanılmıştır. Örneklem yeterli olmadığı iki kategorili bağımsız değişkene ilişkin bir bağımlı değişken karşılaştırılmasında Mann-Witney U testi kullanılmıştır. İki'den fazla kategoride bağımsız değişkenin bir bağımlı değişkenden elde edilen verinin karşılaştırılmasında ise parametrik yöntem olan tek yönlü varyans analizinin (ANOVA) parametrik olmayan yöntemi Kruskal Wallis testi kullanılmıştır. Sağlıklı ve hasta bireylere ilişkin özgüllük ve duyarlılık değerlerinin incelenerek kritik puanların analizinde ROC eğrilerinden yararlanılmıştır. Tüm testlerde $p < 0.05$ olması istatistiksel olarak anlamlıdır.

4.BULGULAR

Normal ve hasta grubu ile birlikte toplamda 55 olgu çalışmaya katılmıştır. Olguların ortalama yaşı $54,85 \pm 11,08$ olarak hesaplanmıştır. PDU sonuçlarına göre olgular 3 grupta incelenmiştir; normal (n=7), arterial yetmezlik (n=27), venöz yetmezlik (n=14). Ortalama yaş arterial yetmezlik grubunda $58,74 \pm 8,40$, venöz yetmezlik grubunda $52,14 \pm 10,54$ ve normal grupta ise $42,14 \pm 10,88$ olarak bulunmuştur. Ortalama PSV arterial yetmezlik grubunda $19,48 \pm 3,98$ cm/sn, venöz yetmezlik grubunda $32,82 \pm 5,67$ cm/sn ve normal grupta $34,95 \pm 2,34$ cm/sn olarak bulunmuştur. Ortalama EDV arterial yetmezlik grubunda $3,76 \pm 0,43$ cm/sn, venöz yetmezlik grubunda $7,32 \pm 1,82$ cm/sn ve normal grupta $3,37 \pm 0,71$ cm/sn olarak bulunmuştur (Tablo 2).

Arterial yetmezlik grubunda yaş ortalaması normal ve venöz gruba göre yüksek çıkmıştır. Ortalama yaşa göre arterial ve venöz grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p= 0.03$, $p<.05$). Ortalama yaşa göre arterial ve normal grub arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p= 0.001$, $p<.05$). Venöz ve normal grub arasında ise ortalama yaşa göre istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p= 0.06$, $p>.05$). Sonuçlar Tablo 3’de özetlenmiştir.

Penil tūmesans grade ortalaması arterial yetmezlik grubunda $1.81 \pm 0,68$, venöz yetmezlik grubunda $2.35 \pm 0,63$ ve normal grupta ise 4 olarak hesaplanmıştır. Penil tūmesans grade değerleri gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p= 0.001$, $p<.05$) (Tablo 4).

Korpus kavernosum ortalama fSWE (0. dk SWE) değerleri; arterial grupta $42,48 \pm 16,06$ kPa, venöz grupta $32,42 \pm 9,81$ kPa, normal grupta ise $29,71 \pm 6,04$ kPa olarak bulunmuştur. Korpus kavernosumun flask haldeki ortalama SWE değerleri arasında arterial-normal grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermektedir ($p=0.029$, $p<.05$). Diğer gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmadı (Tablo 5).

TABLO 2	Arterial ED(n:27)	Venöz ED(n:14)	Normal(n:7)
	Ort.±s.s(Min-Max)	Ort.±s.s(Min- Max)	Ort.±s.s(Min-Max)
Yaş (yıl)	58,74± 8,40 (44-80)	52,14 ± 10,54 (38-71)	42,14 ± 10,88 (27-58)
EHS	1.81 ± 0,68 (1-3)	2.35 ± 0,63 (1-3)	4(4-4)
PSV (cm/sn)	19,48 ± 3,98(13-27)	32,82 ± 5,67(23-52)	34,95± 2,34(33-45)
EDV (cm/sn)	3,76± 0,43(3-5)	7,32± 1,82(4-10)	3,37± 0,71(-2-4)
SWEf (kPa)	42,48 ± 16,06(26-105)	32,42 ± 9,81(17-50)	29,71 ± 6,04 (18-37)

Tablo 2. Hasta gruplarına ve normal gruba göre Yaş, Penil Tümesans, PSV, EDV ve fSWE değerleri

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
KONT-VEN ED	12,143	6,452	1,882	,060	,180
KONT-ART ED	22,021	5,912	3,725	,000	,001
VEN ED-ART ED	9,878	4,591	2,152	,031	,094

Tablo 3 . Yaşa göre gruplar arası Kruskal-Wallis testi

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
ART ED-VEN ED	-8,406	4,363	-1,927	,054	,162
ART ED-KONT	-26,870	5,619	-4,782	,000	,000
VEN ED-KONT	-18,464	6,133	-3,011	,003	,008

Tablo 4. Penil tümesansa göre gruplar arası Kruskal-Wallis testi

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
KONT-VEN ED	4,929	6,465	,762	,446	1,000
KONT-ART ED	12,937	5,924	2,184	,029	,087
VEN ED-ART ED	8,008	4,600	1,741	,082	,245

Tablo 5. KK fSWE değerine göre gruplar arası Kruskal-Wallis testi

PSV, EDV ve SWE değerleri arasında ilişkiyi hesaplamak için korelasyon katsayısı hesaplandı. Bunun için ED hastalarında ve normal grubda IC Papaverin enjeksiyonundan sonra 5. 10. 15. dakikalarda ölçülen PSV değerlerinden en büyüğü ve SWE ölçümlerinden ise en küçüğü arasında korelasyon katsayısı hesaplandı.

ED hastalarında PSV- SWE arasında negatif bir korelasyon bulundu ($r=-0.293$, $p=0.021$, $p<.05$). Sonuçlar Tablo 6’da özetlenmiştir. Bu ilişki Grafik 1’ de gösterilmiştir.

Normal grubda da PSV-SWE arasında negatif korelasyon bulundu ($r=-0,855$, $p=0.007$, $p<.05$). Sonuçlar Tablo 7’de özetlenmiştir. Bu ilişki Grafik 2’de gösterilmiştir. Normal grubdaki Pearson korelasyon katsayısı ED grubuna göre daha yüksek bulunmuştur.

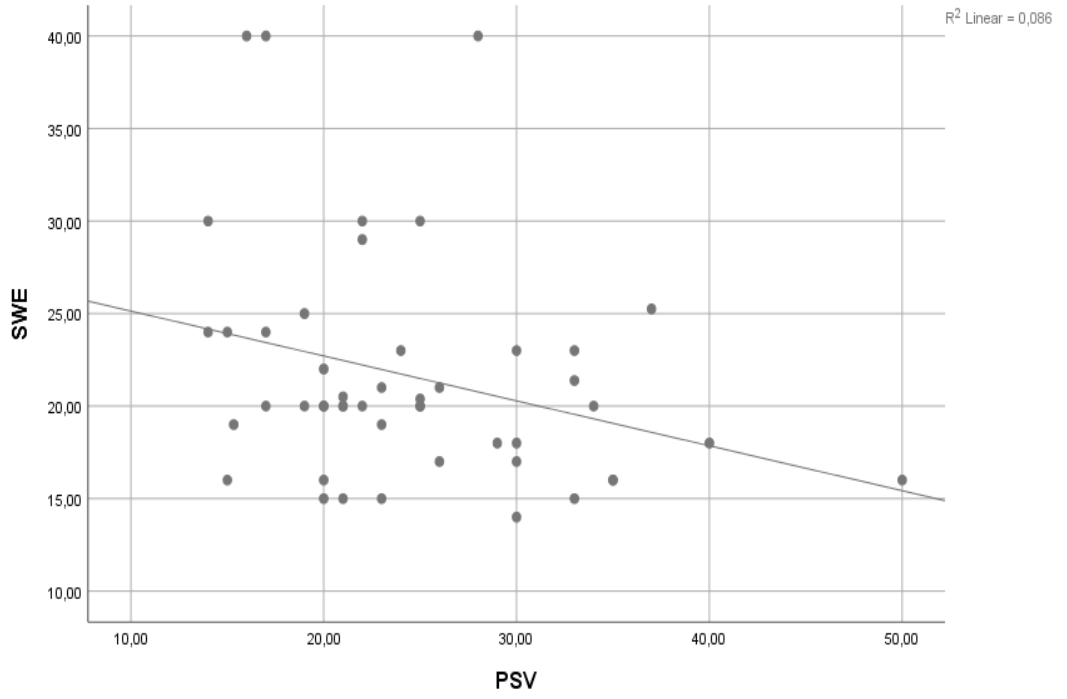
EDV ile SWE min arasında ise hasta ve normal grub arasında anlamlı korelasyon saptanmadı. Sonuçlar Tablo 8 ve Tablo 9’ da özetlenmiştir.

Tablo 6. ED hastalarında PSV-SWE arasındaki korelasyon

		SWE
PSV	Pearson r	-,293
	p	,021*
	n	48

***Korelasyon $p < 0,05$ düzeyinde anlamlıdır.**

Grafik 1. ED Hastalarında PSV-SWE Korelasyonu

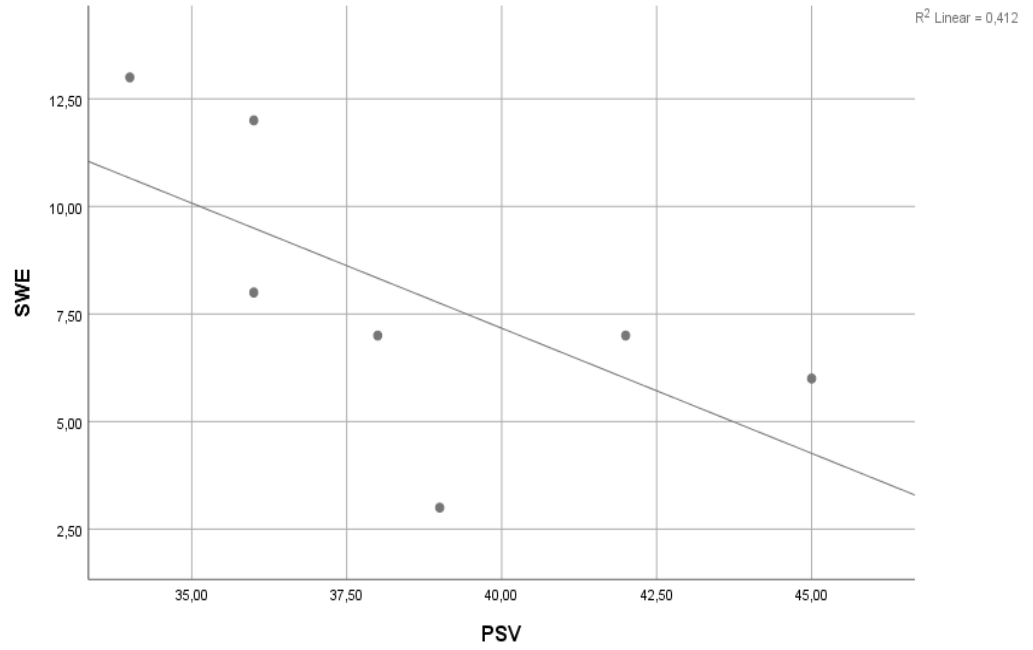


Tablo 7. Normal grubda PSV-SWE arasındaki korelasyon

		SWE
PSV	Spearman's r	-,855
	p	,007*
	n	7

***Korelasyon $p < 0,05$ düzeyinde anlamlıdır.**

Grafik 2. Normal Grubda PSV-SWE Korelasyonu



Tablo 8. ED hastalarında EDV-SWE arasındaki korelasyon

		SWE
EDV	Pearson r	-,189
	p	,199*
	n	48

***Korelasyon $p < 0,05$ düzeyinde anlamlıdır.**

Tablo 9. Normal grubda EDV-SWE arasındaki korelasyon

		SWE
EDV	Spearman's r	,300
	p	,513
	n	7

*** Korelasyon $p < 0,05$ düzeyinde anlamlıdır.**

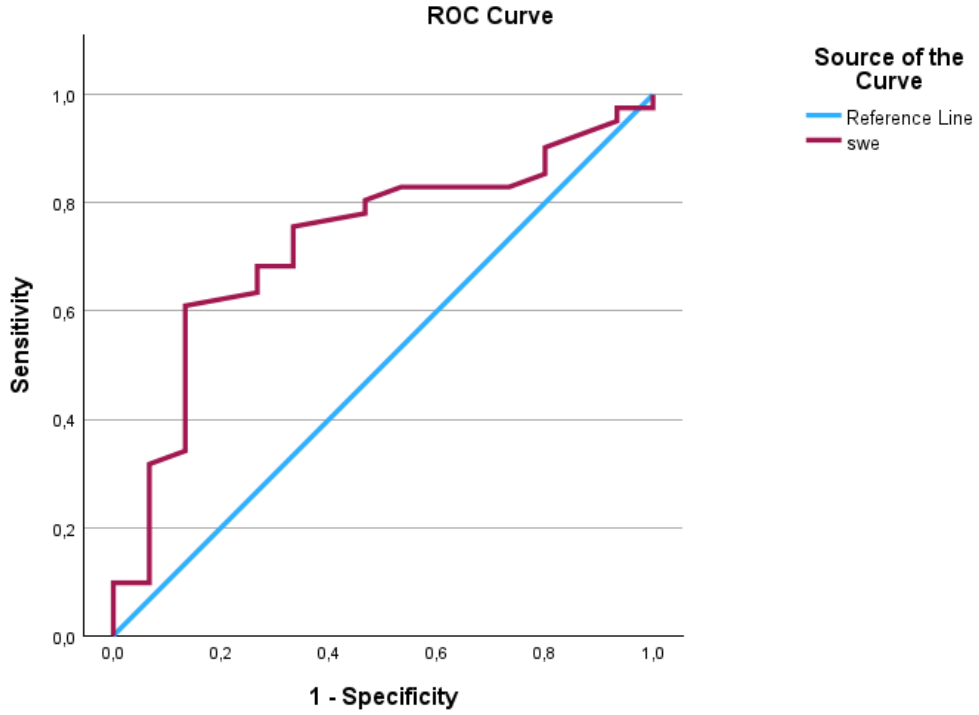
PSV değerlerine göre ED disfonksiyon hastaları 4 gruba ayrıldı. Grup 1: 10-20 cm/sn; Grup 2: 20-30 cm/sn; Grup 3: 30-40 cm/sn ve Grup 4: >40 cm /sn olarak ayrıldıktan sonra her grup için karşılık gelen ortalama SWE değerleri de kaydedildi. PSV değerleri; Grup:1 16,91±2,20 cm/sn; Grup 2: 24,20±2,81 cm/sn; Grup 3: 33,93±2,82 cm/sn; Grup 4: 47,83 cm/sn olarak bulundu. Her bir grup için karşılık gelen SWE değerleri; Grup 1: 25,91±10,39 kPa; Grup 2: 22,31±6,76 kPa; Grup 3: 19,39±3,34 kPa; Grup 4: 17 kPa olarak bulundu. Sonuçlar Tablo 10'da özetlenmiştir. Gruplar arasında ortalama SWE değerlerine istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p=0.001$, $p<.05$). PSV değeri arttıkça SWE değeri anlamlı olarak azalmıştır.

Tablo 10. PSV değerlerine göre gruplandırılmış SWE değerleri Kruskal-Wallis testi

Tablo 10	ED Hastaları (N=48)		
	N	PSV (cm/sn) (ort ±SD)	SWE (kPa)(ort±SD)
PSV [10-20]cm/sn	16	16,91±2,20	25,91±10,39
PSV [20-30] cm/sn	23	24,20±2,81	22,31±6,76
PSV [30-40] cm/sn	8	33,93±2,82	19,39±3,34
PSV>40 cm/sn	1	47,83	17
p value		<0,05	<0,05

Normal grubda ve ED hastalarında PSV değerine göre cut-off SWE bulmak için ROC analizi yapıldı. ED grubunda arterial ve venöz yetmezlik hastaları hesaplama dahil edildi miks grup dahil edilmedi. Klinik pratikte PSV değerinin >30 cm/sn olması tatmin edici cinsel birliktelik için yeterli kan akımını sağlayacağından bu değere göre cutt-off ortalama SWE değeri bulundu. Buna göre korpus kavernosum SWE değerinin 16 kPa'dan küçük olması tatmin edici cinsel birliktelik için yeterli penil ereksiyon SWE cut-off değeri olarak heaplandı (Grafik 3). Bu değer duyarlılığı %92, özgüllüğü %86 olarak elde edilmiştir. Grafiğe göre eğri altında kalan alan (AUC) 0.77, ROC eğrisi altında kalan alan istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0.003) (Tablo 11).

Grafik 3. Korpus kavernosum SWE ROC eğrisi

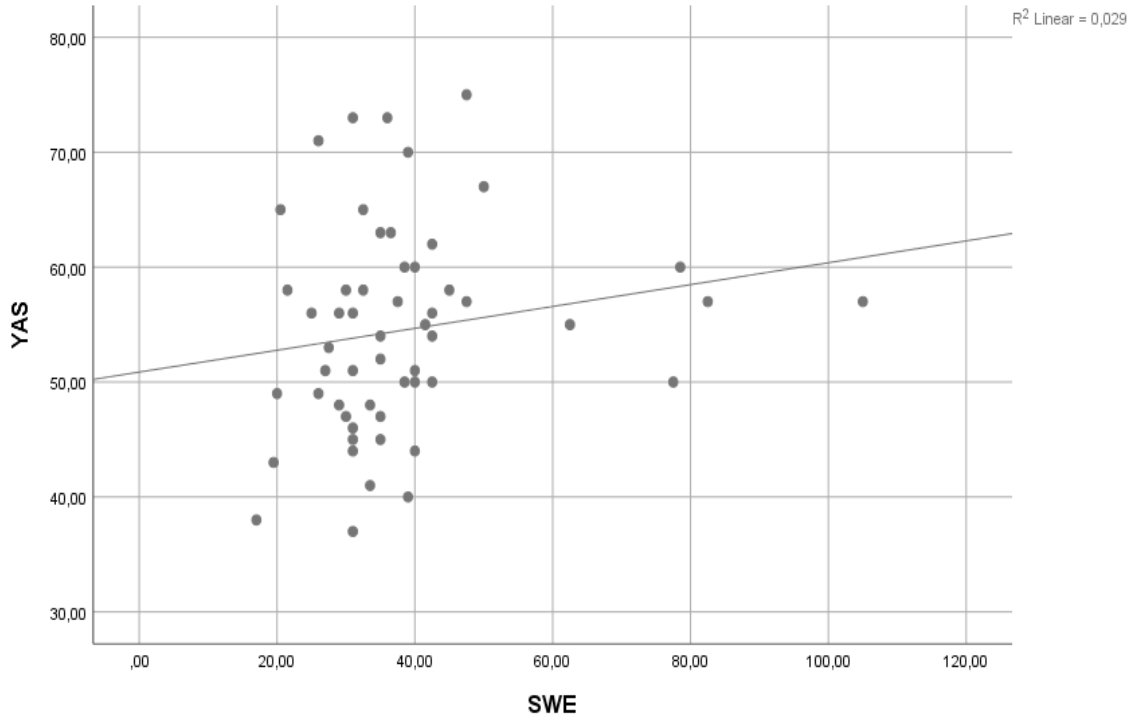
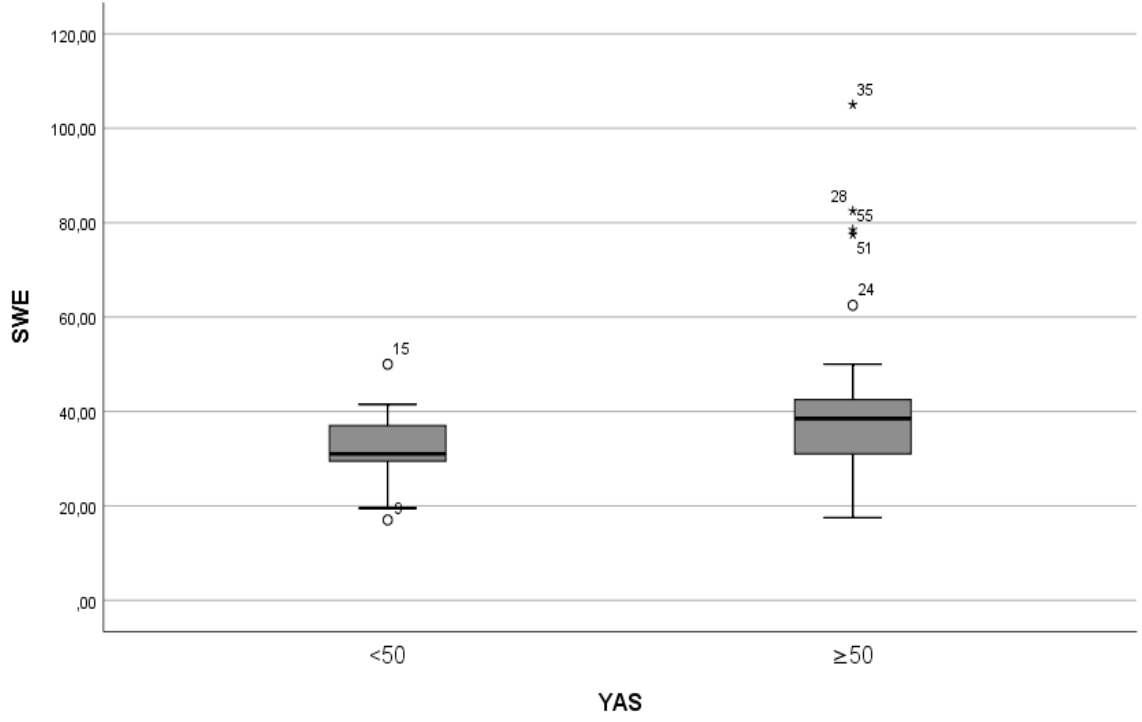


Tablo 11: PSV>30 cm/sn değerine göre korpus kavernosum SWE ROC analizi

AUC(%95)	Cutt off	p	Sensivity (%)	Specifity(%)
0.77 (0.57-0.87)	16 kPa	0,003	92	86

Yaş ile flask haldeki (0. dk) korpus kavernosum SWE değerlerinin nasıl değiştiğini incelemek için tüm olgu grubu yaşa göre 2 'ye ayrıldı. Grup 1 yaş<50 ve grup 2 ≥ 50 olarak belirlendi. Korpus kavernosum flask haldeki ortalama SWE değerleri; Grup 1: 32,15±8,06 kPa; Grup 2: 41.30±17,76 kPA olarak bulundu. Grup 2 'deki ortalama SWE değeri grup 1'e göre yüksek bulundu (Grafik 4). Gruplar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlıdır (p=0.01, p<.05). Grafik 5 yaşa göre SWE dağılımını göstermektedir.

Grafik 4. Yaş gruplarına göre flask haldeki korpus KK SWE değerleri



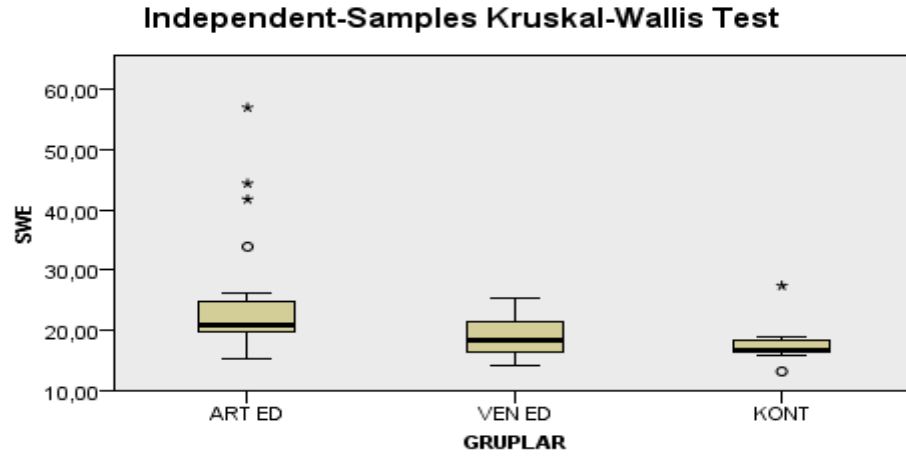
Grafik 5. Yaşa göre flask haldeki KK SWE dağılım grafiği

Eretil disfonksiyon subtipleri (arterial, venöz) ve normal grubda korpus kavernosum SWE değerleri arasında fark olup olmadığını bulmak için gruplar arasında ortalama SWE değerleri karşılaştırıldı. ED subtiplerine göre ortalama SWE değerleri; Arterial ED: 24,32±9,42 kPa; Venöz ED: 19,10±3,25 kPa; Normal Grub: 18,03±4,47 kPa olarak bulundu (Tablo 12). Gruplar arasında SWE değerleri arasında anlamlı fark bulunmuştur (p=0.012, p<.05). Arterial-venöz grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır (p=0.030, p<.05). Arterial-normal grub arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmıştır (p=0.012, p<.05). Venöz-normal grub arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır (p=0.43, p>.05). Sonuçlar Tablo 13 ve Grafik 6'de gösterilmiştir.

Tablo 12. ED subtipleri ve normal grubda ortalama SWE değerleri

GRUPLAR [N]	SWE, kPa (ort ±SD)
Arterial ED [27]	24,32±9,42
Venöz ED[14]	19,10±3,25
Normal[7]	18,03±4,47
p	p<0,05

Grafik 6. ED subtipleri ve normal grubda SWE değerlerinin karşılaştırılması



Total N	48
Test Statistic	8,912
Degrees of Freedom	2
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,012

1. The test statistic is adjusted for ties.

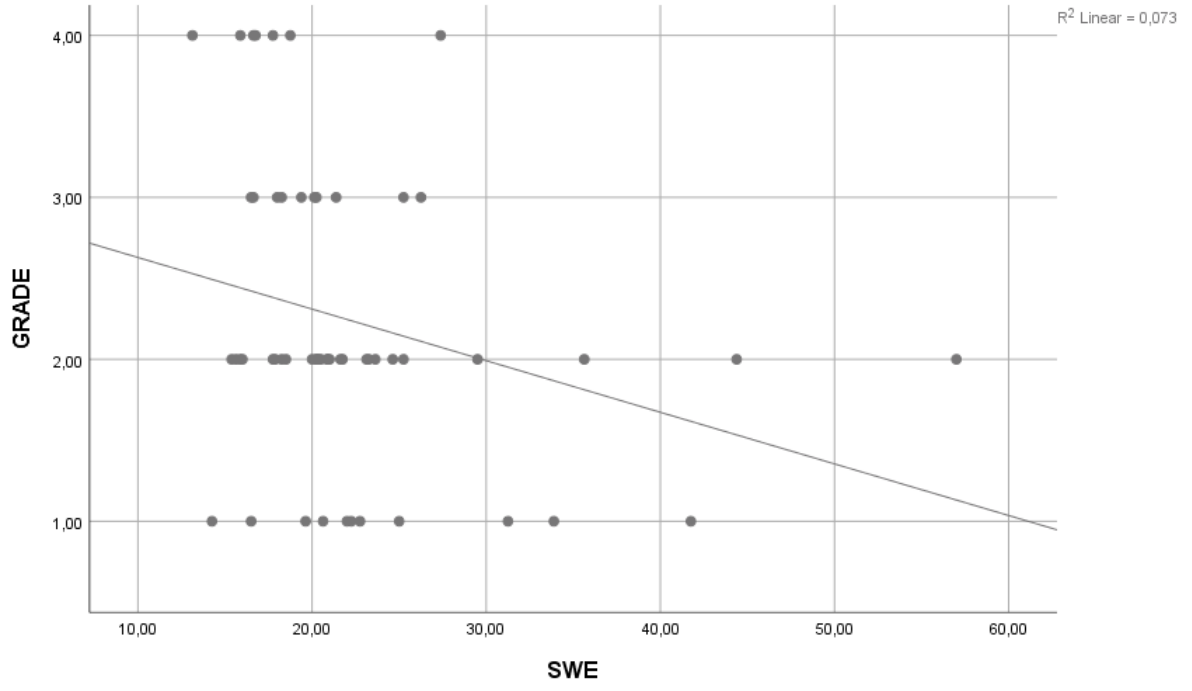
Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
KONT-VEN ED	5,107	6,479	,788	,431	1,000
KONT-ART ED	15,130	5,936	2,549	,011	,032
VEN ED-ART ED	10,022	4,609	2,174	,030	,089

Tablo 13. ED subtipleri ve normal grub arasında ortalama SWE değerleri Kruskal-Wallis testi

Farklı EHS değerlerinde KK ortalama SWE değerleri arasındaki ilişkiyi saptamak için olgular EHS'ye göre 5 grub altında incelendi. Ortalama SWE değeri ereksiyon derecesi artıkça azalmaktadır (Grafik 7). Gruplara göre ortalama SWE değerleri; EHS 0: 38,26±16,21 kPa; EHS 1: 24,51±8,10 kPa; EHS 2: 23,33±9,18 kPa; EHS 3: 20,20±3,32 kPa; EHS 4: 18,03±4,47 kPa olarak bulundu. Gruplar arasında KK SWE değerlerine göre istatistiksel olarak anlamlı fark vardır (p=0.001, p>.05). Sağ ve sol KK'lar arasında anlamlı fark saptanmadı. Sonuçlar Tablo 14'de ve Grafik 8 'de özetlenmiştir. Gruplar arasındaki istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur fakat klinik olarak Grade 3-4, grade 1-2 ye göre tatmin edici cinsel birliktelik için yeterli ereksiyonu gösterdiği için bu iki grup arasında cut-off SWE değeri bulmak için ROC analizi yapıldı (Grafik 9). Penil tümesans grade değerine göre optimal cut-off değeri 25 kpA olarak bulundu. Bu değer duyarlılığı %82, özgüllüğü %78 olarak elde edilmiştir. Grafiğe göre eğri altında kalan alan (AUC) 0.68, ROC eğrisi altında kalan alan istatistiksel olarak anlamlıdır (p<0.023) (Tablo 15).

Tablo 14. EHS'ye göre sağ ve sol korpus kavernosumun SWE değerleri

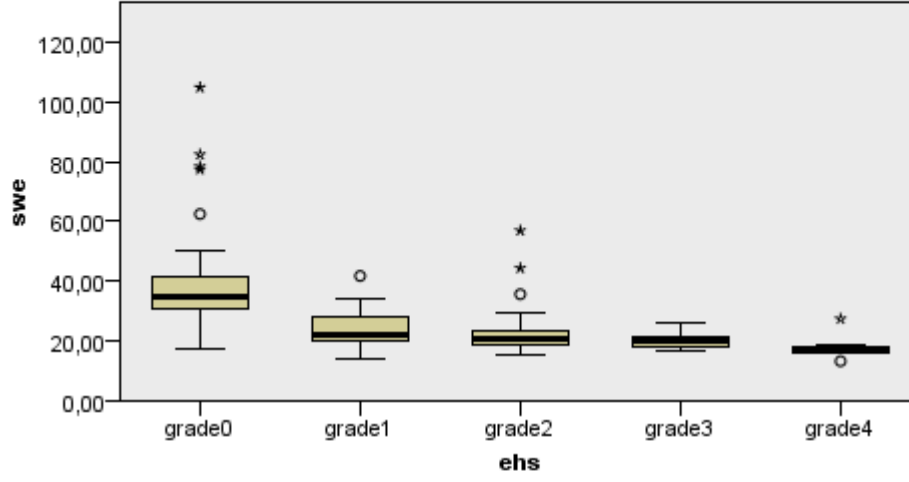
PENİL TÜMESANS GRADE	SAG KK SWE, kPa (ort ±SD)	SOL KK SWE, kPa (ort ±SD)	KK SWE, kPa (ort ±SD)	P
grade 0 [55]	38,14±16,36	38,38±16,44	38,26±16,21	0,93
grade 1 [11]	24,01±7,54	25,11±8,83	24,51±8,10	0,64
grade 2[27]	23,28±9,38	23,37±9,08	23,33±9,18	0,97
grade 3[10]	20,55±3,35	19,85±3,54	20,20±3,32	0,65
grade 4[7]	17,42±4,80	18,64±4,20	18,03±4,47	0,22
p	<0,05	<0,05	<0,05	



Grafik 7. Penil tmosans grade-SWE korelasyonu

Grafik 8. Penil tümesans grade değerlerine göre SWE değerleri

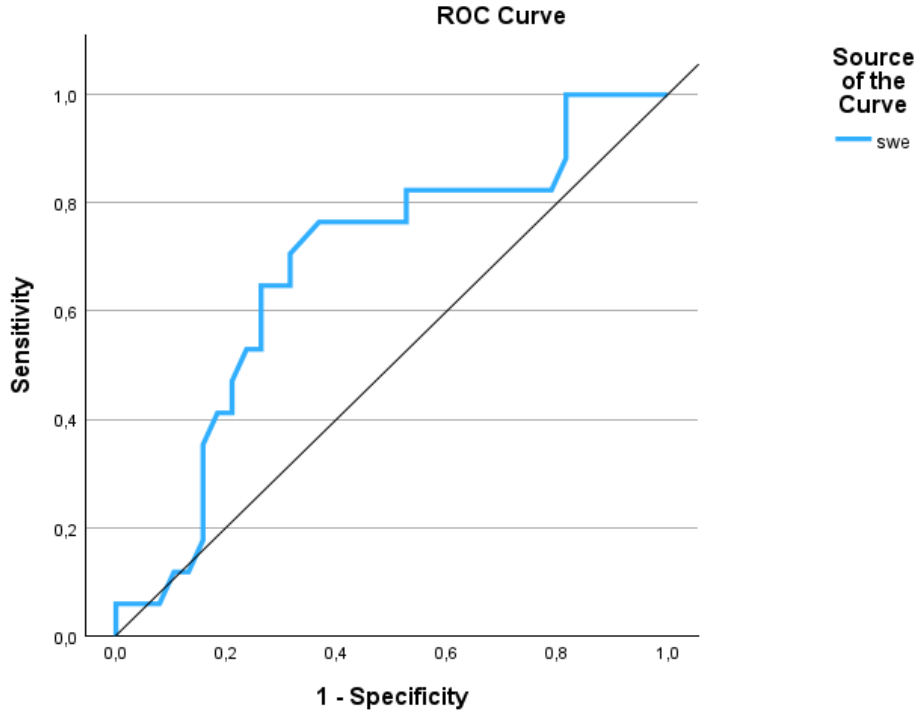
Independent-Samples Kruskal-Wallis Test



Total N	110
Test Statistic	50,263
Degrees of Freedom	4
Asymptotic Sig. (2-sided test)	,000

Sample1-Sample2	Test Statistic	Std. Error	Std. Test Statistic	Sig.	Adj.Sig.
grade4-grade3	16,429	15,714	1,045	,296	1,000
grade4-grade2	29,484	13,525	2,180	,029	,293
grade4-grade1	52,838	15,418	3,427	,001	,006
grade4-grade0	69,829	12,796	5,457	,000	,000
grade3-grade2	13,056	11,804	1,106	,269	1,000
grade3-grade1	36,409	13,933	2,613	,009	,090
grade3-grade0	53,400	10,962	4,871	,000	,000
grade2-grade1	23,354	11,406	2,047	,041	,406
grade2-grade0	40,344	7,493	5,384	,000	,000
grade1-grade0	16,991	10,532	1,613	,107	1,000

Grafik 9. Korpus kavernosum SWE ROC eğrisi



Tablo 15 . Penil tumosans grade değerine göre SWE ROC analizi

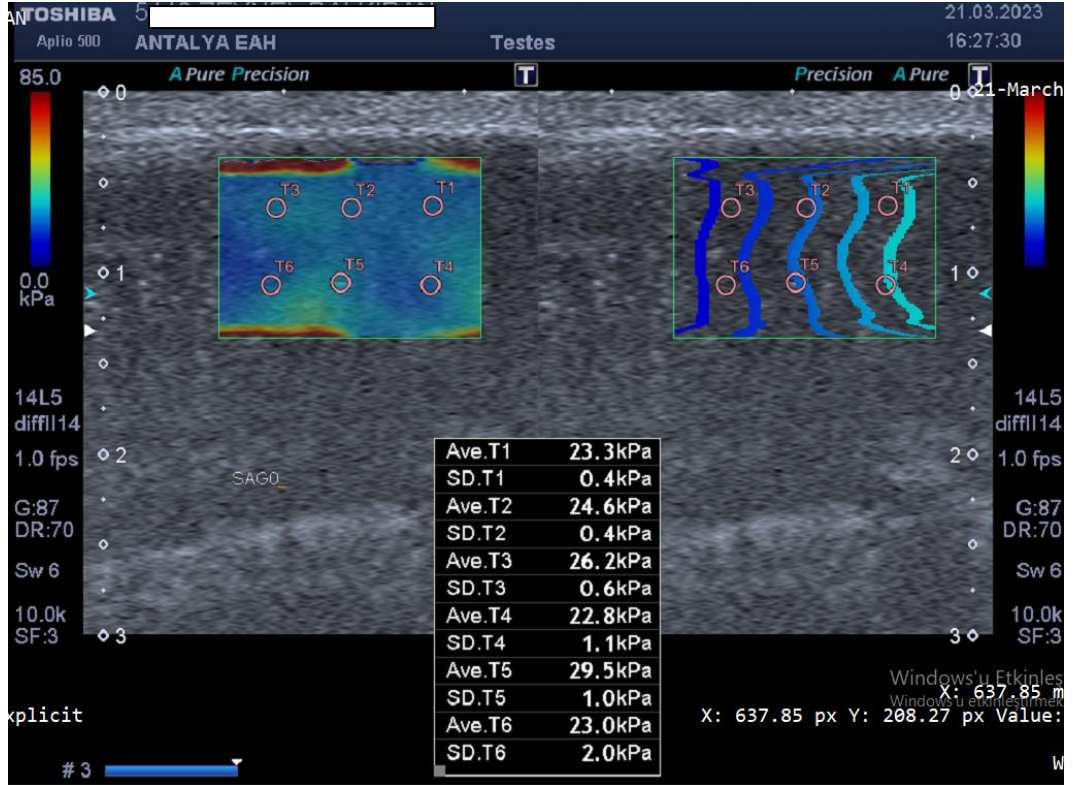
AUC(%95)	Cutt off	p	Sensivity (%)	Specifity(%)
0.68 (0.52-0.83)	25 kPa	0,023	82	78

Tablo 16. İstatiksel özet tablo

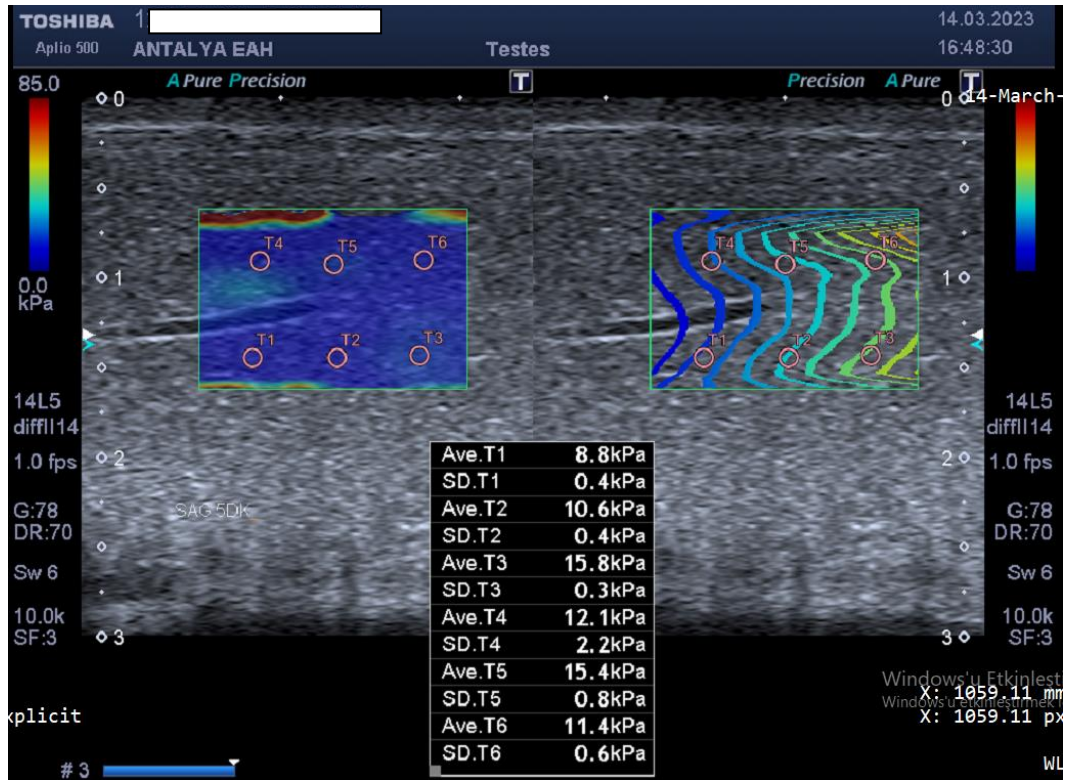
	Yaş	EHS	fSWE	Ortalama SWE
Normal	a	a	a	a
Arterial ED	b	b	b	b
Venöz ED	a	c	ab	a

Kontrol grubunda ve ED subtiplerinde yaş, EHS, fSWE ve ortalama SWE değerlerine göre istatiksel olarak farklı olup olmadıkları Tablo 16 ‘da özetlenmiştir .

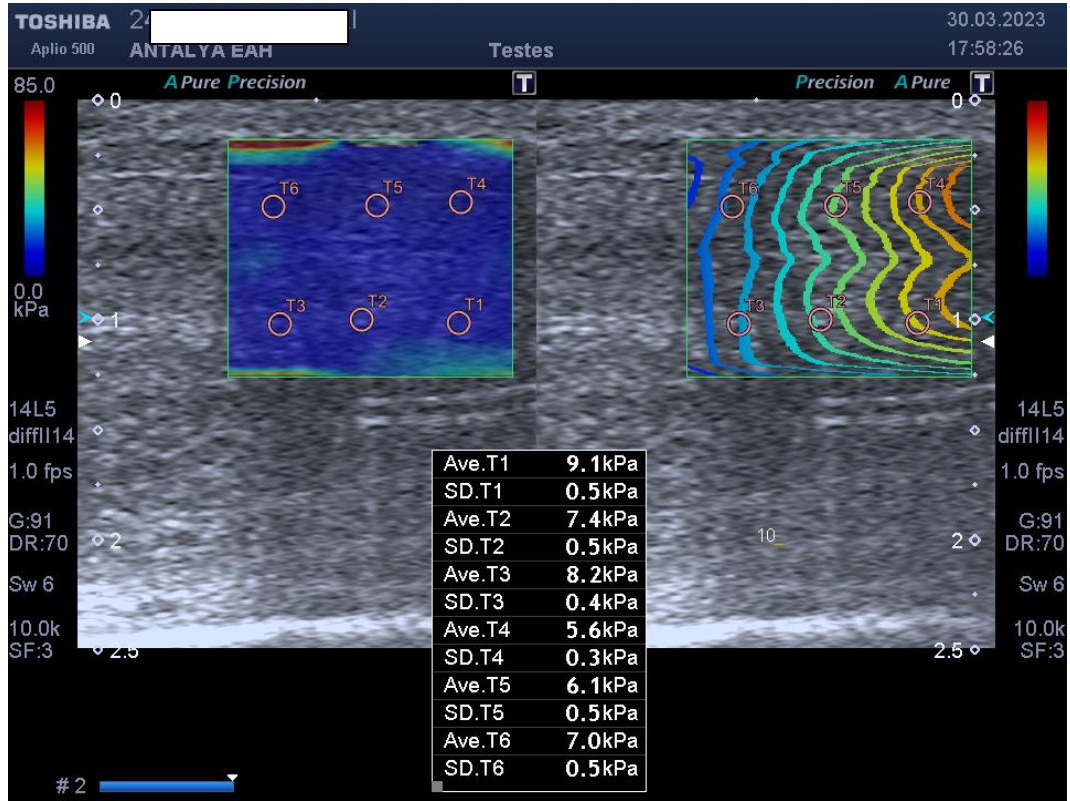
OLGU ÖRNEKLERİ



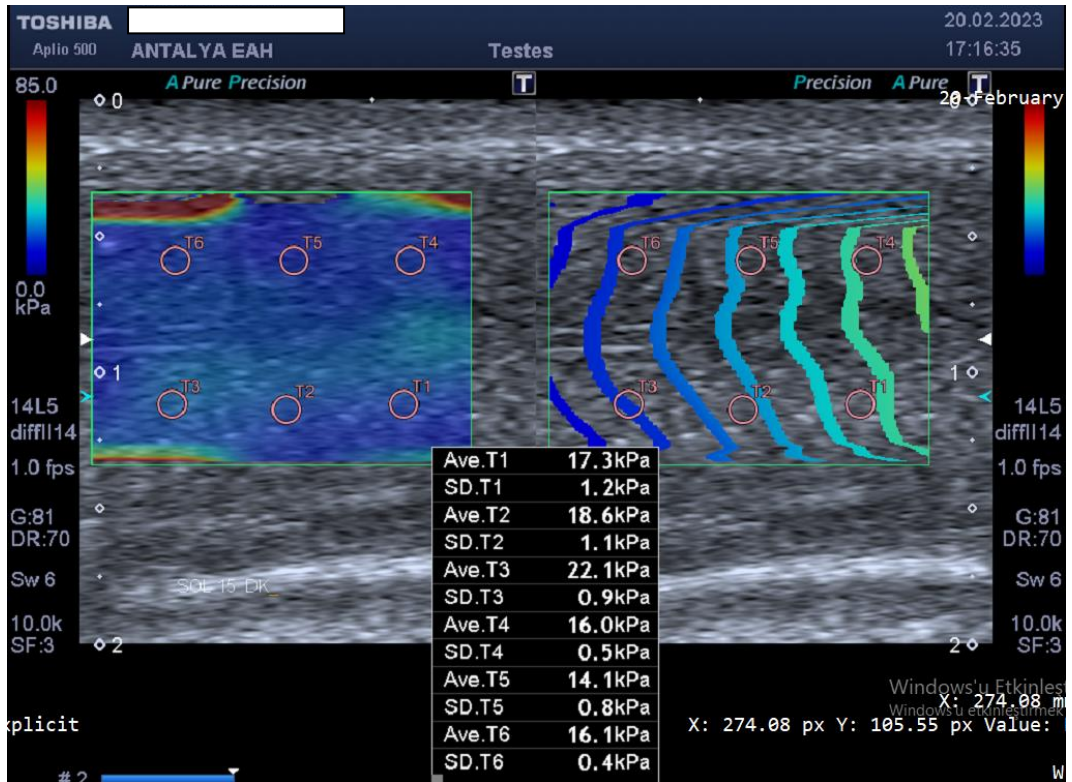
Resim 18. Flask halde (0.dk SWE) ölçümü



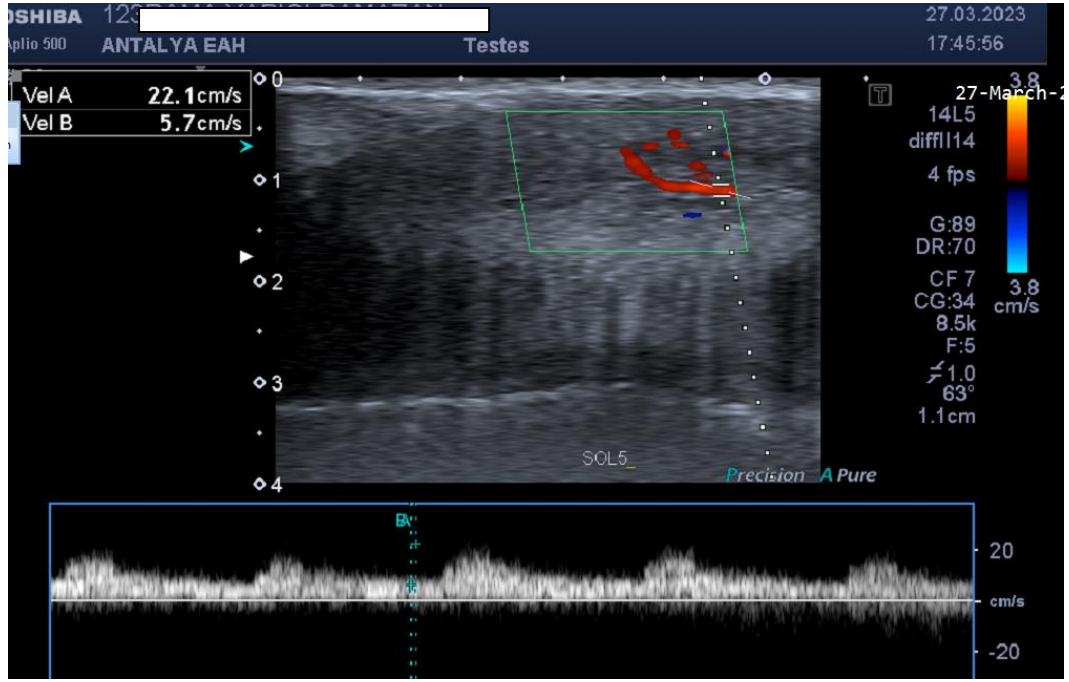
Resim 19. 5 . dk SWE ölçümü



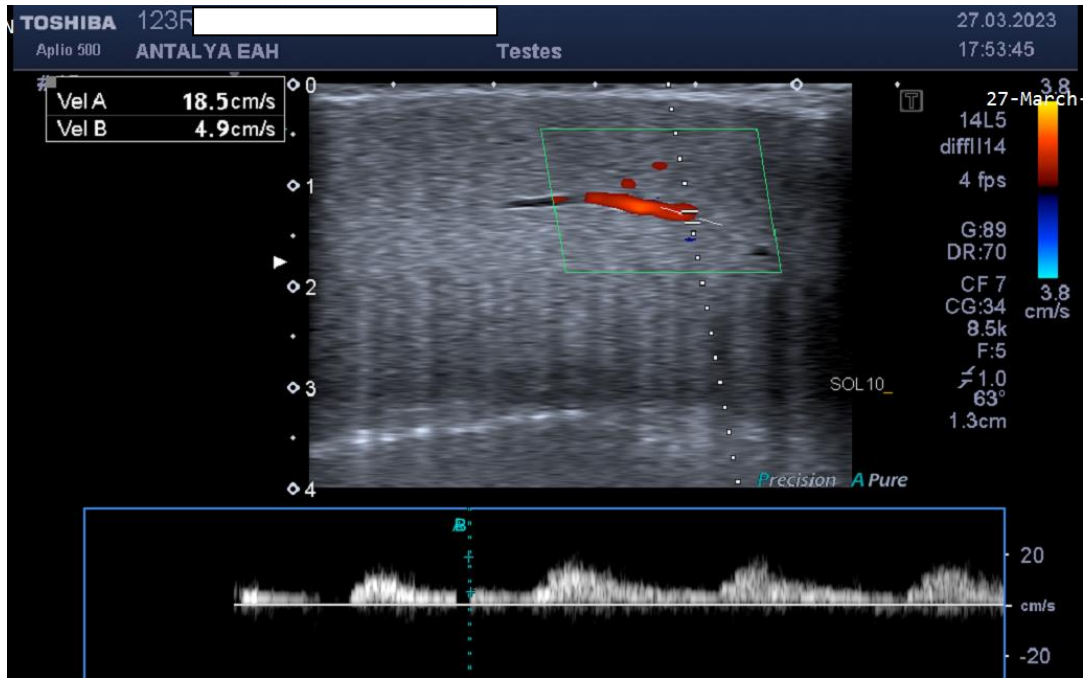
Resim 20. 10. dk SWE ölçümü



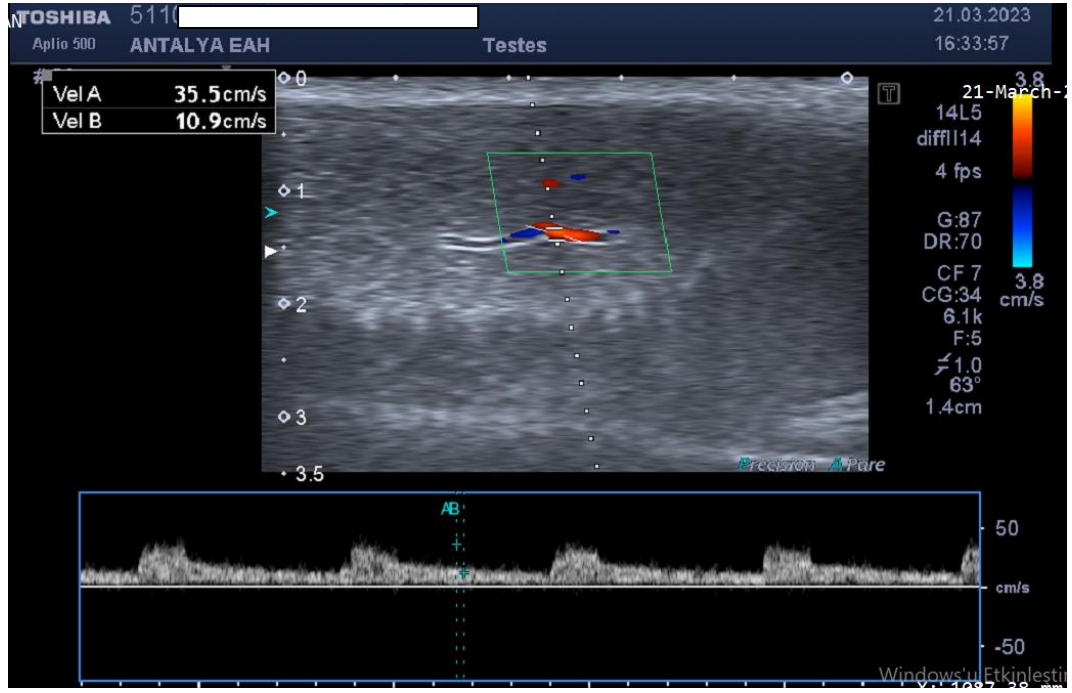
Resim 21. 15.dk r SWE ölçümü



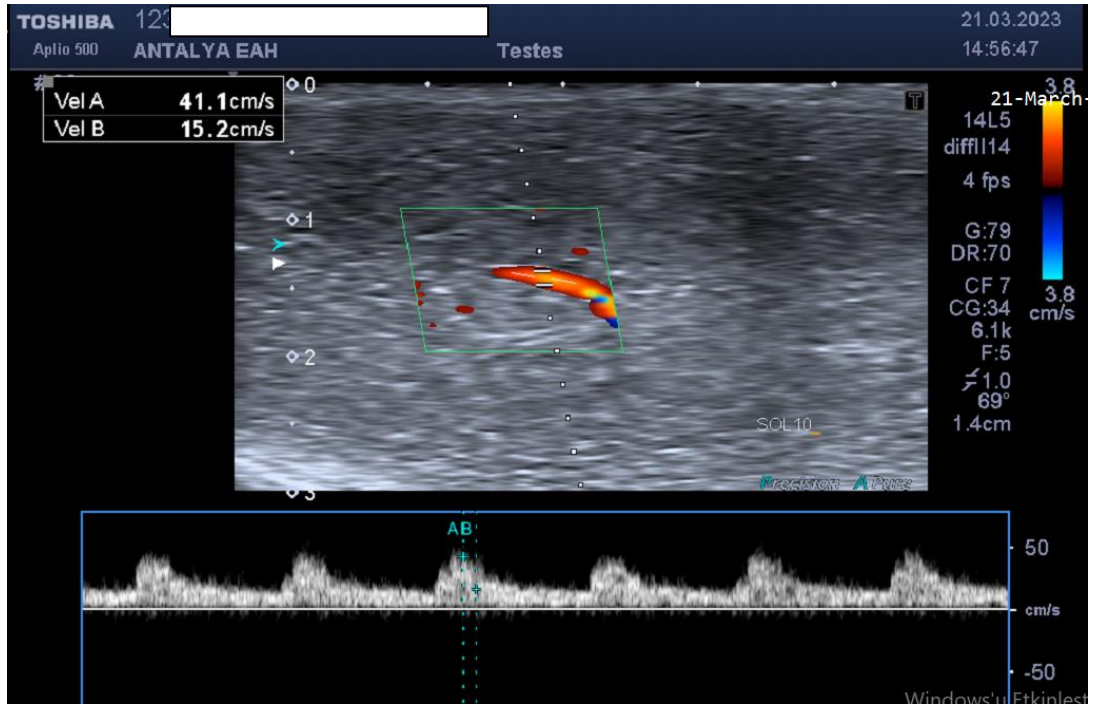
Resim 22. Arterial yetmezlik grubunda 5. dk da PSV,EDV ölçümü



Resim 23. Arterial yetmezlik grubunda 10. dk da PSV,EDV ölçümü



Resim 24. Venöz yetmezlik grubunda 10. dk da PSV,EDV ölçümü



Resim 25. Venöz yetmezlik grubunda 15. dk da PSV,EDV ölçümü

5.TARTIŞMA

Erektile disfonksiyon (ED) nöral ve vasküler komponentleri bulunan kompleks bir fizyolojik olaydır. Erektile disfonksiyon, tatmin edici cinsel performans için yeterli bir ereksiyona ulaşamama ve/veya bunu sürdürememe olarak tanımlanır (1). Erektile disfonksiyonun patogeneğinde endotelyal disfonksiyon ve inflamasyon kritik rol oynamaktadır (2). Günümüzde erektile disfonksiyon yaşam kalitesini olumsuz olarak etkileyen psikolojik olarak ciddi etkilere neden olan bir cinsel sağlık problemidir (3, 4). Erektile disfonksiyonun primer olarak psikolojik etmenlere bağlı olduğu düşünülse de hastaların çoğunda altta yatan organik bir patoloji bulunmaktadır. Yapılan prevelans çalışmalarına göre ED prevelansı Amerika’da 40-70 yaş arasında % 52, Türkiye’de ise % 69,2 oranında bulunmuştur (5, 6, 7).

Penil ereksiyon, arteriyel akımda artma, sinüzoidal düz kaslarda gevşeme, venöz dönüşte azalma ile karakterize, nöromediatörler, çizgili ve düz kaslar ile tunica albugineanın koordine çalışması sonucu ortaya çıkan kompleks bir psikonörovasküler olaydır (8). ED tüm dünyada yaygın olarak görülen görülme sıklılığı yaş ile birlikte artan cinsel bir sağlık problemidir (9). Erektile disfonksiyon çeşitli komorbiditeler ile ilişkilidir ve bu komorbiditelerin gelişmesini önlemek için erken tanı gereklidir.

Klinik olarak vaskülojenik ED’den şüphelenilen hastalarda Penil Doppler ultrasonografi (PDU) istenir. PDU, penisin vasküler kompenetlerini temel olarak kavernal arterlerin incelenmesine imkan sağlayan invaziv bir görüntüleme yöntemidir (10). Penil Doppler ultrasonografi (PDU), ED’nin vasküler değerlendirmesinde çok değerli ancak bir o kadar da invaziv bir tetkiktir ancak KK’nın doku karakterizasyonu hakkında bilgi vermez. Korpus kavernalum geniş trabeküllerden, düz kaslardan, kollojen ve elastik fiberlerden oluşmaktadır (78).

SWE tekniğı ise uygulanabilirliğı kolay ve hızlı sonuç veren aynı zamanda doku karakterizasyonu hakkında da bilgi verebilen bir yöntemdir. SWE doku sertliğini ses dalgalarını kullanarak değerlendiren bir yöntemdir. Strain ve shear wave olarak bilinen iki tipi vardır. Strain elastografi yöntemi yarı-statik ve yarı-kantitatifir ve ilgili alana prob ile bası yapılır. Uygulan kuvvet ile dokuda meydana gelen yer

değişimi tespit edilerek gerçek zamanlı görüntüler oluşturulur. Strain yöntemi kullanıcı bağımlı bir yöntemdir. Shear wave elastografi yöntemi ise dinamiktir. Bu yöntem, incelenen derinlikteki dokuya odaklanan akustik dalgalar göndererek dokuda oluşan shear dalgalarının yayılımını ölçer. Yüksek SWE değerleri artmış doku sertliğini gösterir. Korpus kavernosumun temel yapısını %50 düz kas hücreleri ve %50 ekstra cellululer matriksden oluştuğundan doku sertliği SWE ile değerlendirilebilir (65).

Shear wave elastografi yöntemi son yıllarda bir çok dokunun sertliğinin değerlendirilerek karakterizasyonunda örneğin tiroid nodüllerinin, kas, testis, meme lezyonlarının ve karaciğer sirozunda yaygın olarak kullanılmaktadır (72-74, 80-82). Bizim çalışmamız KK SWE değerlerinin, PDU incelemesinde elde edilen kavernosal arter Doppler akım hızı, ED subtipleri (arteriyel, venöz) penil tūmesans grade ve yaş ile olan ilişkisini incelemeyi amaçlamıştır.

Çalışmada 7 sağlıklı birey ile 48 erektil disfonksiyon olgusunda korpus kavernosumlar PDU ve SWE yöntemiyle incelendi.

Çalışmamızda korpus kavernosum ortalama SWE değerinin, ortalama PSV ve penil tūmesans grade değeri ile negatif korelasyon gösterdiği saptandı. Ortalama PSV değeri ve ereksiyon derecesi arttıkça SWE anlamlı olarak azalmaktadır. Buna göre KK SWE değeri penil ereksiyon sırasındaki arterial kan akımını yansıtabilir. Bizim çalışmamızda, PSV >30 cm/sn olması tatmin edici cinsel performans için gerekli arterial kan akımını sağladığı kabul edildiğinden, yeterli ereksiyon için SWE cut-off değeri 16 kPa olarak saptandı (Grafik 3). Bu değer duyarlılığı %92, özgüllüğü %86 olarak elde edilmiştir. 2021’de Lee ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada PSV’ye göre yeterli ereksiyonun sağlandığı SWE için cut off değeri 8.05 kPa bulunmuştur. Bu değer duyarlılığı %84, özgüllüğü %41 olarak elde edilmiştir (71). 2017 ‘de Turkey ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise 70 olgu ED olup olmasına göre iki gruba ayrılmıştır. Çalışmada iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuş olup cut-off SWE değeri 17.1 kPa bulunmuştur. Bu değer duyarlılığı %34, özgüllüğü %94 olarak elde edilmiştir (65). Bu sonuçlar bizim çalışmamızla birleştirildiğinde ED

hastalarında SWE incelemesi, penisin vasküler komponentini ve KK doku karakterizasyonu aynı zamanda değerlendirerek ED tanısında yardımcı olabilir.

Çalışmamızda yaşa göre yaptığımız değerlendirmede, flask haldeki (0. dk) IC papaverin enjeksiyonu yapılmadan ölçülen KK SWE değeri, yaş ile pozitif korelasyon göstermiştir. Yaş arttıkça KK sertliği, düz kas hücrelerinin azalmasına ve kollojen miktarının artmasına bağlı olarak artmaktadır (77). Çünkü yaş ile birlikte testesteron seviyesi ve düz kas hücre yoğunluğu azalmakta olup kollojen miktarı artmaktadır (75, 76, 77). Jia-Jie Zhang ve arkadaşlarının yaptığı fare deneylerinde penis düz kas hücre yoğunluğu ile doku sertliği arasında negatif ilişki bulunmuştur. Bu deneysel çalışma yaş ile birlikte peniste düz kas yoğunluğunun azaldığını ve doku sertliğinin arttığını hipotezimizi desteklemektedir. Jia-Jie Zhang ve arkadaşlarının yaptığı bir başka çalışmada ise 40 gönüllüde flask haldeki KK SWE değerleri ve kan testesteron seviyeleri değerlendirilmiş olup SWE ile testesteron seviyesi arasında pozitif korelasyon, SWE ile yaş arasında ise negatif korelasyon bulunmuştur (83). Sonuçlar bizim elde ettiğimiz veriler ile çelişmektedir. Ancak bu çalışmada 50 yaş üzerinde sadece 7 hasta değerlendirilmiştir. Bizim çalışmamızda 50 yaş üstü 39 olgu çalışmaya dahil edilmiştir. Qiao ve arkadaşlarını yaptığı deneysel çalışmada ise yaş ile birlikte penis doku sertliğinin ve kollojen miktarının arttığı yani SWE değerinin arttığı gösterilmiştir (77). Bu çalışma sonuçlarımızı destekler niteliktedir.

Penil ereksiyon, seksüel/erotik uyarıların tetiklemesi ile penil arterdeki kan akımının artması ile sağlanır (66). Flask halden grade 4'e doğru kavernal arter akım hızı arttıkça, EHS değeri artmaktadır (67). Bizim çalışmamızda ortalama PSV ve EHS arttıkça ortalama SWE değeri azalmıştır (Tablo 10, 14). Zheng ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada da penil tūmesans grade değeri arttıkça, SWE değeri anlamlı olarak azalmıştır (68). Cui ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise penisin grade 4 erektil fazındaki SWE değeri, flask haldeki SWE değerine göre anlamlı olarak daha azdır (69). Bu çalışmalar sonuçlarımızı destekler niteliktedir. Ereksiyon sırasındaki KK'daki trabeküller kan ile dolmaya başladığında doku sertliği yavaş yavaş azalmaktadır, bu durum doku sertliğini anlamlı olarak azalmasına neden olmaktadır.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara göre flask halden penil tūmesans grade 4'e doğru EHS artıkça penis KK ortalama SWE değeri azalmaktadır (Tablo 14). Klinik olarak tam cinsel birliktelik için EHS grade 3 ve 4 yeterli kabul edilmektedir. Bu yüzden olgular iki grub (Grade 1-2 ve Grade 3-4) olarak incelendi. İki grup arasında penil tūmesans grade değerine göre optimal cut-off değeri elde etmek için ROC eğrisi çizildi. Buna göre KK ortalama SWE değerinin <25 kPa olması tam cinsel birliktelik için yeterli SWE değerini yansıtır (Grafik 9). Bu değerin duyarlılığı %82, özgüllüğü %78 eğri altında kalan alan (AUC) 0.68 olarak elde edilmiştir. Çalışmamızda PSV değerine göre bulduğumuz cut-off değeri ROC eğrisi AUC değeri, penil tūmesans grade değerine göre elde ettiğimiz ROC eğrisi AUC değerinden yüksek olduğundan, PSV değerine göre elde edilen cut-off ortalama SWE değeri daha iyi bir belirteç olabilir.

Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara göre KK flask haldeki (0. dk) yani IC Papaverin yapılmadan elde edilen ortalama SWE değerleri arasında arterial-kontrol grupları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark göstermektedir ($p=0.029$, $p<.05$). Arterial-venöz ve venöz-kontrol grupları arasında ise istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. (Tablo 5). Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlara göre erektil disfonksiyon subtipleri (arterial , venöz) ve kontrol grubunda korpus kavernosuma IC Papaverin enjeksiyonundan sonra elde edilen ortalama SWE değerleri arasında anlamlı fark saptanmıştır. Arterial yetmezlik grubunda korpus kavernosum SWE değeri, kontrol ve venöz yetmezlik grubuna göre yüksek bulunmuştur. Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır ($p=0.012$, $p<.05$). Sonuçlar Grafik 6'da ve Tablo 13'de gösterilmiştir. Arterial-venöz grup arasında ortalama SWE değerleri istatistiksel olarak anlamlı fark göstermiştir ($p=0.030$, $p<.05$). Arterial-kontrol grubu arasında ise ortalama SWE değerlerine göre istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p=0.011$, $p<.05$). Venöz-kontrol grubu arasında ise ortalama SWE değerlerine göre istatistiksel fark saptanmamıştır ($p=0.43$, $p>.05$) (Tablo 13). Hamidi ve Altınbaş 'ın yaptığı strain elastografi çalışmasında 88 olgu incelemiştir. Olgular PDU sonuçlarına göre normal, arterial ve venöz yetmezlik olarak gruplandırılmıştır. Çalışmaya göre arterial yetmezlik grubunda penis doku sertliği normal ve venöz gruba göre yüksek bulunmuştur (79). Sonuçlar çalışmamızı destekler niteliktedir, ancak bu çalışmada

strain elastografi yöntemi kullanılmıştır. Cui ve arkadaşlarının yaptığı shear wave elastografi çalışmasında 81 ED hastası ve 35 kontrol grubu değerlendirilmiştir. Çalışmaya göre KK'nın flask (0. dk SWE) ve rigid haldeki ortalama SWE değerleri, arterial yetmezlik grubunda normal ve venöz gruba göre yüksek bulunmuştur (69). Sonuçlar çalışmamızı destekler niteliktedir.

Günümüzde penil arterial kan akımını değerlendirmek için Doppler US ölçümleri yapılmaktadır, PSV kardiyovasküler risk faktörleri ile yakından ilişkilidir. Koroner arterleri etkileyen tüm süreçler penil arterial kan akımı üzerinde negatif etkiye sahiptir (55). Ayrıca PDU tekniği uygulaması zor ve kullanıcı bağımlı ve sadece penisin arterial komponentini değerlendiren bir invaziv bir incelemedir. SWE ise son yıllarda sıklıkla kullanılan pratik bir yöntem olarak penil kan akımını ve penisin doku karakteristiğini aynı zamanda değerlendirebilen noninvaziv bir tetkiktir (70).

Çalışmamızın kısıtlılıkları;

Öncelikle ölçümleri yaptığımız kontrol grubunda hasta sayımız 7 ile sınırlıdır. Ayrıca SWE tekniği uygulayıcıya bağımlı bir tekniktir. Çalışma tek araştırmacı tarafından yapılmış olup gözlemciler arası çeşitlilik değerlendirilememiştir.

Çalışmamızda 48 ED hastası ve 7 kontrol grubuna yer verilmiştir. PDU ve SWE arasındaki ilişki, daha fazla olgu ve uzun dönem yapılacak çalışmalar ile literatüre daha fazla katkı sağlayabilir.

6. SONUÇ

Eretil disfonksiyon (ED) dünya çapında erkekler arasındaki en yaygın cinsel problemlerden birisidir. Yaş ile birlikte görülme sıklığı artmaktadır. Eretil disfonksiyon, tatmin edici cinsel performans için yeterli bir ereksiyona ulaşamama ve bunu sürdürememe olarak tanımlanır (1). Penil ereksiyon, görsel ve fizksel uyarılarla birlikte meydana gelen arteriyel akımda artma, sinüzoidal düz kaslarda gevşeme, venöz dönüşte azalma ile karakterize, nöromediatörler, çizgili ve düz kaslar ile tunica albugineanın birlikte çalışması sonucu ortaya çıkan kompleks bir psikonörovasküler

olaydır (8). Penil ereksiyon fazları sırasında korpus kavernosum trabekülleri içerisindeki kan akımının artması, doku sertliğini yavaş yavaş azalmaktadır, bu durum ED tanısında kullanılabilir.

Penil Doppler ultrasonografi (PDU), vaskülojenik ED değerlendirilmesinde kullanılan invaziv bir radyolojik testtir. Klinikte vaskülojenik ED'den şüphelenilen hastalarda PDU istenir (10). PDU, ED'nin vasküler değerlendirmesinde çok değerli ancak bir o kadar da invaziv bir tetkiktir. SWE tekniği ise uygulanabilirliği kolay, penisin hem arterial hemde yapısal komponentlerini aynı anda değerlendirilebilen noninvaziv bir yöntemdir (70).

Günümüzde strain elastografi, shear wave elastografi ve transient elastografi gibi farklı sonoelastografik yöntemler mevcut olup bizim çalışmamızda SWE tekniği kullanılmıştır. Shear wave elastografi tekniği dinamik bir inceleme yöntemi olup incelenen derinlikteki dokuya odaklanmış akustik dalgalar gönderilerek dokuda oluşan shear dalgalarını yayılım hızı ölçülerek doku sertliği değerlendirilir. Yüksek SWE değerleri artmış doku sertliğini gösterir.

Bu çalışmada korpus kavernosum SWE değerinin ereksiyon sırasındaki penil arterial kan akımını yansıtabileceği gösterilmiştir. ED subtipleri arasında PSV ile SWE arasında anlamlı ilişki saptanmıştır. Ayrıca KK SWE değerinin, PDU incelemesinde elde edilen kavernosal arter akım hızları ve penil tümesans gradeleri ile negatif ilişkili olduğu bulunmuştur. Ayrıca yaşlanma ile birlikte flask haldeki KK SWE değerinin arttığı gösterilmiştir. Sonuç olarak SWE tekniği uygulaması kolay bir yöntem olup penisin hem vasküler hemde yapısal kompenetlerini aynı zamanda değerlendirilmesini imkan vererek ED tanısında kullanılabilir.

7.KAYNAKLAR

1. Impotence NCDP on. NIH consensus conference. Impotence. Jama. 1993;270(1):83-9.
2. Solomon H, Man JW, Jackson G. Erectile dysfunction and the cardiovascular patient: endothelial dysfunction is the common denominator. Heart. 2003;89(3):251-3.
3. Wagner G, Saenz de Tejada I. Clinical review: Update on male erectile dysfunction. BMJ 1998; 316: 678-82.
4. Melman A, Gingel JC. The epidemiology and pathophysiology of erectile dysfunction. J Urol 1999;161:5-11.
5. Feldman HA, Goldstein I, Hatzichristou DG, Krane RJ, McKinlay JB. Impotence and its medical and psychosocial correlates: results of the Massachusetts male aging study. J Urol 1994; 151:54-61.
6. Akkus E, Kadioglu A, Esen A, et al. Prevalence and correlates of erectile dysfunction in Turkey: a population-based study. Eur Urol 2002; 41:298-304.
7. Gratzke C, Angulo J, Chitaley K, Dai YT, Kim NN, Paick JS, et al. Anatomy, physiology, and pathophysiology of erectile dysfunction. J Sex Med 2010;7(1 Pt 2):445-75.
8. Carrier S, Brock G, Kour NW, Lue TF. Pathophysiology of erectile dysfunction. Urology 1993;42(4):468-481
9. Laumann, E.O., A. Paik, and R.C. Rosen, Sexual dysfunction in the United States: prevalence and predictors. Jama, 1999. 281(6): p. 537-544.
10. Gratzke C, Angulo J, Chitaley K, Dai YT, Kim NN, Paick JS et al. Anatomy, physiology, and pathophysiology of erectile dysfunction. J Sex Med. 2010 Jan;7(1 Pt 2):445-75.
11. Alp T, Vatandaşlar F, Tellaloğlu S, Kadioğlu A. Erkek seksüel disfonksiyonu. İstanbul Nobel Kitabevi 2000;pp:31-8.
12. Temel Üroloji, Anafarta ve ark., 4. Baskı 2011, bölüm 1, sf 18-19.
13. Andersson KE, Wagner G: Physiology of penile erection. Physiol Rev 1995, 75(1):191-236
14. Kirby R.S. (2004) An Atlas of ERECTILE DYSFUNCTION. EREKTİL DİSFONKSİYON Atlası Çeviri Editörü: Tokuç R, 2.Baskı, CSA Global Yayın Ajansı, İstanbul.
15. Simonsen U, García-Sacristán A, Prieto D: Penile arteries and erection. J Vasc Res 2002, 39(4):283- 303
16. Lue TF. Physiology of penile erection and pathophysiology of erectile dysfunction and priapism In: Campbell' Urology (7th ed), edited by Walsh pC, Retik AB, Stamey TA, Vaughan ED, Philadelphia, Saunders;1998, chapt 38, 1157-1170.
17. Hanyu S, Iwanaga T, Tamaki M, Kano K, Sato S. Increase in venous outflow from the corpora cavernosa during mild erection in dogs. Urol Int, 1992;48:52-63.
18. Campbell-Walsh Urology. 10th ed. Philadelphia, PA: Elsevier Saunders, 2012.
19. Giuliano F. Neurophysiology of erection and ejaculation. J Sex Med. 2011;8:310-5.
20. Johnston P, Davidson JM. Intracerebral androgens and sexual behavior in the male rat. Horm Behav 1972;3:345-357.

21. Fowler CJ. The neurology of male sexual dysfunction and its investigation by clinical neurophysiological methods. *Br J Urol* 1998;81:785-795.
22. Anafarta K, Baykara M, Baydınç C. Ürogenital organların anatomik ve histolojik yapısı. *Temel Üroloji*. Anafarta K, Göğüş O, Bedük Y, Arıkan N.(Eds) Güneş Kitabevi, Ankara.1998:1-28.
23. Slag MR, Moreley EJ, Elson MK. Impotence in medical clinic outpatients. *JAMA* 1983;249:1736.
24. Apaydın E. ve ark. Penil Ereksiyon Fizyolojisi. *Ege psikiyatri sürekli yayınları. Cinsel işlev bozuklukları*. Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir 1998;3(1):59-80.
25. Bush PA, Aronson WJ, Buga GM, Rajfer J, Ignarro LJ: Nitric Oxide is a Potent Relaxant of Human and Rabbit Corpus Cavernosum. *The Journal of Urology* 1992, 147(6):1650-1655.
26. Knispel HH, Goessl C, Beckman R. Nitric oxide mediates neurogenic relaxation induced in rabbit cavernous smooth muscle by electric field stimulation. *Urology* 1992;40(5):471-475. 64
27. Rajfer J, Aronson WJ, Bush PA, Dorey FJ et al. Nitric oxide mediates of relaxation of the corpus cavernosum in response to non-adrenergic, non- cholinergic neurotransmission. *N Engl Med* 1992;9:90-94.
28. Burnett AL. Nitric oxide in the penis: physiology and pathology. *J Urol* 1997;157(1):320-4.
29. Andersson KE, Wagner G. Physiology of penile erection. *Physiol Rev* 1995; 75(1):191-236.
30. Ignarro LJ, Bush PA, Buga GM, Wood KS et al. Nitric oxide and cyclic GMP formation Upon electrical Field stimulation cause relaxation of corpus cavernosum smooth muscle. *Biochem Biophys Res Com* 1990;170:843-850.
31. Robert CD, Tom FL. Physiology of penile erection and pathophysiology of erectile dysfunction. *Urol Clin North Am*. 2005;32(4):379-95.
32. Çayan S, Kendirci M, Yaman Ö, Aşçı R, Orhan İ, Usta MF, vd. Prevalence of erectile dysfunction in men over 40 years of age in Turkey: Results from the Turkish Society of Andrology Male Sexual Health Study Group. *Turk J Urol*. 2017;43(2):122.
33. EAU Guidelines. Edn. presented at the EAU Annual Congress Amsterdam 2022. ISBN 978-94-92671-16-5.EAU Guidelines 2022.
34. Banet AE, Melman A. The epidemiology of erectile dysfunction. *Urol Clin North Am* 1995;22:269-709.
35. Hatzichristou D, Kirana PS, Banner L, Althof SE, Lonnee-Hoffmann RA, Dennerstein L, vd. Diagnosing sexual dysfunction in men and women: sexual history taking and the role of symptom scales and questionnaires. *J Sex Med*. 2016;13(8):1166-82.
36. Conte HR: Development and use of self-report techniques for assessing sexual functioning: a review and critique. *Arch Sex Behav* 1983, 12(6):555-576.
37. Goldstein I, Mulhall JP, Bushmakin AG, Cappelleri JC, Hvidsten K, Symonds T. The erection hardness score and its relationship to successful sexual intercourse. *J Sex Med* 2008;5(10):2374-2380
38. Sönmez MG, Öztürk A. Is there a relation between priapism occurring after penile doppler ultrasonography and international erectile function index score and erection hardness score levels? *Turk J Urol* 2017;43(4):439

39. Frühauf S, Gerger H, Schmidt HM, Munder T, Barth J: Efficacy of psychological interventions for sexual dysfunction: a systematic review and meta-analysis. *Arch Sex Behav* 2013, 42(6):915-933
40. EAU Guidelines. Edn. presented at the EAU Annual Congress Amsterdam 2022. ISBN 978-94-92671-16-5.EAU Guidelines 2022.
41. Shabsigh R, Padma-Nathan H, Gittleman M, McMurray J, Kaufman J, Goldstein I: Intracavernous alprostadil alfadex is more efficacious, better tolerated, and preferred over intraurethral alprostadil plus optional actis: a comparative, randomized, crossover, multicenter study. *Urology* 2000, 55(1):109-113.
42. Sokolakis I, Hatzichristodoulou G. Clinical studies on low intensity extracorporeal shockwave therapy for erectile dysfunction: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Int J Impot Res.* 2019 May;31(3):177-194.
43. Kitrey ND, Gruenwald I, Appel B, Shechter A, Massarwa O, Vardi Y. Penile Low Intensity Shock Wave Treatment is Able to Shift PDE5i Nonresponders to Responders: A Double Blind, Sham Controlled Study. *J Urol.* 2016 May;195(5):1550-1555.
44. Vinay J, Moreno D, Rajmil O, Ruiz-Castañe E, Sanchez-Curbelo J. Penile low intensity shock wave treatment for PDE5I refractory erectile dysfunction: a randomized double-blind sham-controlled clinical trial. *World J Urol.* 2021 Jun;39(6):2217-2222.
45. Montague DK: Penile prosthesis implantation in the era of medical treatment for erectile dysfunction. *Urol Clin North Am* 2011, 38(2):217-225
46. Mehmet Ruhi ONUR, Cemil GÖYA Ultrason Elastografi: Abdominal Uygulamalar. *Derleme Türkiye Klinikleri J Radiol-Special Topics* 2013;6(3):59-69
47. Garra BS. Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound. *Ultrasound Q* 2007;23(4):255–68.
48. Onur MR, Poyraz AK, Ucak EE, Bozgeyik Z, Özeran IH, Ogur E. Semiquantitative strain elastography of liver masses. *J Ultrasound Med* 2012;31(7):1061-7.
49. Elastic Properties and Young Modulus for some Materials,
http://www.engineeringtoolbox.com/young-modulus-d_417.html [12.03.2013].
50. Greenleaf JF, Fatemi M, Insana M. Selected methods for imaging elastic properties of biological tissues. *Annu Rev Biomed Eng* 2003; 5: 57-78.
51. Garra BS. Imaging and estimation of tissue elasticity by ultrasound. *Ultrasound Q* 2007; 23: 255-68.
52. Ferraioli G, Tinelli C, Zicchetti M, Aboe E, Poma G, Di Gregorio M, et al. Reproducibility of real-time shear wave elastography in the evaluation of liver elasticity.
53. Davies G, Koenen M. Acoustic radiation force impulse elastography in distinguishing hepatic haemangiomas from metastases: preliminary observations. *Br J Radiol* 2011;84(1006):939-43
54. Melodelima D, Bamber JC, Duck FA, Shipley JA. Transient elastography using impulsive ultrasound radiation force: a preliminary comparison with surface palpation elastography. *Ultrasound Med Biol* 2007; 33: 959-69.

55. Corona G, Fagioli G, Mannucci E, et al. Penile Doppler ultrasound in patients with erectile dysfunction (ED): Role of peak systolic velocity measured in the flaccid state in predicting arteriogenic ED and silent coronary artery disease. *J Sex Med.* 2008;5(11):2623-34
56. Tuncel E., *Klinik Radyoloji Genişletilmiş 2.baskı.* 2012: s152.
57. Christopher R. B. Merrit, *Physics of ultrasound.* In: Rumack MC WS, Charboneau JW, editor. *Diagnostic Ultrasound.* (3rd ed). 2005, Missouri: Elsevier Mosby.
58. Oyar O, Gülsoy UK. *Tıbbi Görüntüleme Fiziği 1. basım SDÜ Tıp Fakültesi,* 2003: 125-179.
59. Hangiandreou NJ. AAPM/RSNA physics tutorial for residents. Topics in US: B-mode US: basic concepts and new technology. *Radiographics* 2003; 23: 1019-33.
60. Balcı P. *Temel Radyoloji Fiziği.* 2008.
61. Poplack SP, Tosteson AN, Grove MR, Wells WA, Carney PA. Mammography in 53,803 women from the New Hampshire mammography network. *Radiology* 2000; 217: 832-40.
62. Rumack CM, Charboneau JW, J.A.M. J. *Diagnostic Ultrasound Elsevier/Mosby,* 2005.
63. Gülsoy UK, Oyar O. *Ultrasonografi fiziği.* In: Oyar O, Gülsoy UK, editors. *Tıbbi görüntüleme fiziği 1st ed.* Ankara: Rekmay Ltd Şti 2003; 167-230.
64. Hangiandreou NJ. AAPM/RSNA physics tutorial for residents. Topics in US: B-mode US: basic concepts and new technology. *Radiographics* 2003; 23: 1019-33.
65. İnci E, Turkay R, Nalbant MO, et al. The value of shear wave elastography in the quantification of corpus cavernosum penis rigidity and its alteration with age. *Eur J Radiol.* 2017;89:106-10
66. . Shamloul R, Ghanem H. Erectile dysfunction. *Lancet.* 2013;381(9861):153-65
67. Jung DC, Park SY, Lee JY. Penile Doppler ultrasonography revisited. *Ultrasonography.* 2018;37(1):16-24
68. . Zheng X, Ji P, Mao H, et al. Evaluation of penile erection rigidity in healthy men using virtual touch tissue quantification. *Radiol Oncol.* 2012;46(2):114-18
69. Cui A, Xu L, Mu J, et al. The role of shear wave elastography on evaluation of the rigidity changes of corpus cavernosum penis in venogenic erectile dysfunction. *Eur J Radiol.* 2018;103:1-5
70. Zhang Y, Zhou W, Wu X, et al. Role of shear wave elastography measured in the flaccid state in predicting arteriogenic erectile dysfunction. *Andrologia.* 2021;53(4):e13996
71. Lee JY, Jung DC, Lee S, et al. Stiffness of the central corpus cavernosum on Shear-Wave Elastography is inversely correlated with the penile rigidity score in patients with erectile dysfunction. *World J Mens Health.* 2021;39(1):123-30
72. J.B. Veyrieres, F. Albarel, J.V. Lombard, J. Berbis, F. Sebag, C. Oliver, et al., A threshold value in shear wave elastography to rule out malignant thyroid nodules: a reality? *Eur. J. Radiol.* 81 (2012) 3965–3972, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrad.2012.09.002>. [8]
73. W.A. Berg, D.O. Cosgrove, C.J. Dorei, F.K. Schafer, W.E. Svensson, R.J. Hooley, et al., BE1 investigators. Shear-wave elastography improves the specificity of breast US: the BE1 multinational study of 939 masses, *Radiology* 262 (2012) 435–449, <http://dx.doi.org/10.1148/radiol.11110640>. [9]

74. Guibal, C. Boullaran, M. Bruce, M. Vallin, F. Pilleul, T. Walter, et al., Evaluation of shearwave elastography for the characterisation of focal liver lesions on ultrasound, *Eur. Radiol.* 23 (2013) 1138–1149, <http://dx.doi.org/10.1007/s00330-012-2692-y>
75. Eric Wespes, et al., Computerized analysis of smooth muscle fibers in potent and impotent patients, *J. Urol.* 146 (4) (1991) 1015–1017.
76. Ana L. Bastos, Francisco J.B. Sampaio, Luiz E.M. Cardoso, Compositional changes of collagen and glycosaminoglycans in the tunica albuginea and corpus cavernosum from the human penis during the fetal and postnatal periods, *J. Urol.* 173 (3) (2005) 1039–1043
77. X.-H. Qiao, et al., An experimental study: quantitatively evaluating the change of the content of collagen fibres in penis with two-dimensional ShearWave™ Elastography, *Andrologia* (2016).
78. Dean RC and Lue TF. Physiology of penile erection and pathophysiology of erectile dysfunction. *Urol Clin North Am* 2005; 32: 379–395.
79. Altinbas NK and Hamidi N. Penile Doppler ultrasonography and elastography evaluation in patients with erectile dysfunction. *Pol J Radiol* 2018; 83: e491–e499.
80. Yavuz A, Bora A, Bulut MD, Batur A, Milanlioglu A, Göya C, Andic C. Acoustic Radiation Force Impulse (ARFI) elastography quantification of muscle stiffness over a course of gradual isometric contractions: a preliminary study. *Med Ultrason.* 2015 Mar;17(1):49-57. doi: 10.11152/mu.2013.2066.171.yvz. PMID: 25745658.
81. Yavuz A, Yokus A, Taken K, Batur A, Ozgokce M, Arslan H. Reliability of testicular stiffness quantification using shear wave elastography in predicting male fertility: a preliminary prospective study. *Med Ultrason.* 2018 May 2;20(2):141-147. doi: 10.11152/mu-1278. PMID: 29730678.
82. Göya C, Daggulli M, Hamidi C, Yavuz A, Hattapoglu S, Cetincakmak MG, Teke M. The role of quantitative measurement by acoustic radiation force impulse imaging in differentiating benign renal lesions from malignant renal tumours. *Radiol Med.* 2015 Mar;120(3):296-303. doi: 10.1007/s11547-014-0443-7. Epub 2014 Aug 6. PMID: 25096889.
83. Zhang JJ, Qiao XH, Gao F, Li F, Bai M, Zhang HP, Liu Y, Du LF, Xing JF. A new method of measuring the stiffness of corpus cavernosum penis with ShearWave™ Elastography. *Br J Radiol.* 2015 Apr;88(1048):20140671. doi: 10.1259/bjr.20140671. Epub 2015 Feb 17. PMID: 25694260; PMCID: PMC4651255.