

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

**TESTİKÜLER ARTERLERİN MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN ÇOK KESİTLİ BT
ANJİOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. Şerife BALCI

UZMANLIK TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

ANKARA
2018

T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ TIP FAKÜLTESİ
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

**TESTİKÜLER ARTERLERİN MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN ÇOK KESİTLİ BT
ANJİOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ**

Dr. Şerife BALCI

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Ali Devrim KARAOSMANOĞLU

UZMANLIK TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

ANKARA
2018

TEŞEKKÜR

Tez danışmanım Prof. Dr. Ali Devrim Karaosmanoğlu 'na tezimi hazırlamam sürecindeki yardımları, ayırdığı zaman, özverisi ve eğitime katkıları için teşekkür ederim.

Başta anabilim dalı başkanımız Prof. Dr. Deniz Akata ve daha önceki anabilim dalı başkanımız Prof. Dr. Macit Arıyürek olmak üzere asistanlığım boyunca benden ve tüm asistan arkadaşlarımdan ilgisini, bilgisini ve tecrübesini esirgemeyen, özveriyle öncelikle iyi bir hekim ardından da iyi bir radyolog olmamız için çalışan tüm hocalarıma, yol arkadaşlarım asistan arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez sürecinde orijinal fikirlerini ve desteğini esirgemeyen hocam Prof. Dr. Muşturay Karçaaltıncaba'ya ayrıca teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca bana sonsuz destek veren Annem, Babam, ablalarım ve kardeşime teşekkür ederim. Son olarak her zaman büyük bir istek ile bana yardımcı ve destek olan eşim Dr. Hüseyin Balcı iki meleşim Zeynep İpek Balcı ve Mehmet Kerem Balcı'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Dr. Şerife Balcı

ÖZET

Balcı Ş, Testiküler Arterlerin Morfolojik Özelliklerinin Çok Kesitli BT Anjiyografi ile Değerlendirilmesi, Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi, Radyoloji Anabilim Dalı, Uzmanlık Tezi, Ankara, 2018

Çalışmamızın amacı testiküler arterlerin (TA) değerlendirilmesi için çok kesitli bilgisayarlı tomografi anjiyografinin (ÇKBTA) uygun bir yöntem olup olmadığını saptamak ve testiküler arterlerin sayı, orijin ve seyirlerini tespit ederek yeni bir sınıflandırma sistemi ortaya koymaktır. 732 hastanın BTA görüntüleri retrospektif olarak bu amaçla taranmış ve 400 tanesi (% 55) tanısal olarak değerlendirilmiştir. 800 taraftan 777'sinde (% 97) tek TA, 22'sinde (% 2,75) çift TA izlenmiştir. Bir tarafta (% 0,25) TA izlenmemiştir. 2 hastada (% 0,5) bilateral çift TA izlenmiştir. Teklif edilen sınıflandırma sisteminde orijine göre; Tip 1: Renal Arter (RA) seviyesinin superiorundan Abdominal Aortadan (AA) köken alan TA. Tip 2: RA seviyesinden AA'dan köken alan TA. Tip 3: Renal, aksesuar renal, segmenter renal ya da orta suprarenal arterden köken alan TA. Tip 4: RA inferiorundan AA'dan köken alan TA (normal orijin). Tip 5: AA'dan RA'nın 5 cm'den daha inferiorundan ya da RA-aortik bifürkasyon arası mesafeden aortik bifürkasyona yakın lokasyondan köken alan TA. Seyre göre ise Tip a: Normal seyirde TA. Tip b: Vena kava inferior (VKİ) posteriorundan seyir gösteren TA. Tip c: Renal pedikül üzerinden ark yapan TA'dır. Çalışmamızda toplam 821 TA'nın orijin ve seyre göre sınıflandırmasında en sık izlenen tipler; 532 (% 64,8) ile Tip 4a, 61 (% 7,4) ile Tip 3a, 40 (% 4,9) ile Tip 2c, 38 (% 4,6) ile Tip 5a, 34 (% 4,1) ile Tip 4b ve 30 (% 3,7) ile Tip 4c idi. Sonuç olarak; TA incelenmesinde BTA seçilmiş vakalarda uygun bir tetkik olabilir ve geliştirdiğimiz sınıflandırma sistemi ile TA değerlendirilmesi retroperitoneal cerrahiler, vasküler girişimsel işlemler, varikosel gibi durumlarda değerli bilgiler verebilir ve özellikle cerrahi komplikasyonların engellenmesini sağlayabilir.

Anahtar Kelimeler: BT Anjiyografi, testiküler arter, testiküler arter sınıflandırması.

ABSTRACT

Balci S, Evaluation of Morphologic Features of Testicular Arteries by Multidetector CT Angiography, Hacettepe University, Faculty of Medicine, Department of Radiology, Thesis in Radiology, Ankara, 2018

The aim of our study is to determine whether multislice computerized tomography angiography (MDCTA) is a suitable method for the evaluation of testicular arteries (TA) and to establish a new classification system by detecting the number, origin, and course of testicular arteries. BTA images of 732 patients were retrospectively screened for this purpose and 400 (55%) were evaluated as diagnostic. On a total of 800 sides; 777 (97%) side had single TA, and 22 (2.75%) side had double TA. Bilateral double TA was observed in 2 patients (0.5%). The TA was not observed on one side (0.25%) of a patient. According to the proposed classification system Types are as follows: Based on the origin; Type 1: TA originating from the abdominal aorta (AA), superior to the renal artery (RA) level. Type 2: TA originating from the AA, at the RA level. Type 3: TA originating from the renal, segmental renal, accessory renal or middle suprarenal artery. Type 4: Testicular artery originating from the abdominal aorta, inferior to the renal artery level (Normal origin). Type 5: TA originating from the AA, more than 5 cm inferior to the RA level or closer to the aortic bifurcation of the distance between the aortic bifurcation and the RA. Based on the course: Type a: Normal course. Type b: Course through posterior to the vena cava inferior. Type c: Testicular artery arcing over all or part of the renal pedicle. The most common types of TA according to the origin and course were; 532 (% 64,8) Type 4a, 61 (7,4%) Type 3a, 40 (4,9%) Type 2c, 38 (4,6%) Type 5a, 34 (% 4,1) Type 4b, and 30 (3.7%) Type 4c. In conclusion, CTA may be a suitable test for TA evaluation in selected cases, and the TA evaluation by the classification we have developed may give valuable information for retroperitoneal surgeries, vascular interventional procedures, and for the clinical scenarios like varicocele.

Keywords: CT Angiography, testicular artery, testicular artery classification.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
TEŞEKKÜR	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
KISALTMALAR	viii
GRAFİKLER DİZİNİ	ix
RESİMLER DİZİNİ	x
TABLolar DİZİNİ	xiii
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2.GENEL BİLGİLER	2
2.1. Bilgisayarlı Tomografi (BT)	2
2.1.1. Bilgisayarlı Tomografide Görüntü Oluşumu	2
2.1.2. Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi (ÇKBT)-Multidedektör Bilgisayarlı Tomografi (MDBT)	8
2.1.3. Dual Enerji BT (DEBT)	16
2.1.4. Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi (BTA)	17
2.2. Testiküler Arterlerin Embriyoloji ve Anatomisi	19
2.2.1. Embriyoloji	19
2.2.2. Anatomi	20
3.GEREÇ ve YÖNTEM	21
3.1. Kapsam ve Yöntem	21
3.2. Teknik	21
3.3. Çalışma metodu	22
3.3.1. Teklif Edilen Testiküler Arter Sınıflandırması	23
3.3.2. İstatiksel Analiz	27
4. BULGULAR	27
4.1. Hasta Özellikleri ve Ateroskleroz Sıklığı	27

4.2. Testiküler Arterlerin Sınıflandırılması	29
4.3. Ölçümler	33
4.4. Hastalarımızdan Örnekler	37
5. TARTIŞMA	45
5.1. Çalışmanın Limitasyonları	50
6. SONUÇ	50
7. KAYNAKLAR	51
EKLER	
Ek 1. Araştırma Projesi Değerlendirme Raporu	



KISALTMALAR

BT	Bilgisayarlı Tomografi
BTA	Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi
ÇKBT	Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi
DEBT	Dual Enerji Bilgisayarlı Tomografi
FBP	Filtered Back Projection
FOV	Field of View
GA	Gonadal Arter
HU	Hounsfield Unit
İTR	İteratif Rekonstrüksiyon
MDBT	Multidetektör Bilgisayarlı Tomografi
MİP	Maksimum ve Minimum İntensite Projeksiyonlar
MPR	Multiplanar Reformasyon
PACS	Picture Archiving and Communication Systems
RA	Renal Arter
ROI	Region of Interest
TA	Testiküler Arter
VRT	Volume Rendering Technique

GRAFİKLER DİZİNİ

Grafik	Sayfa
Grafik 4.1. Testiküler arterlerde ateroskleroz-yaş ilişkisinin kutu grafiği şeklinde gösterimi	29
Grafik 4.2. Testiküler arterlerin orijine göre sınıflandırması-hasta sayısı ilişkisini gösteren histogram	30
Grafik 4.3. Testiküler arterlerin seyre göre sınıflandırması-hasta sayısı ilişkisini gösteren histogram	31
Grafik 4.4. Testiküler arterlerin orijine ve seyre göre sınıflandırması-hasta sayısı ilişkisini gösteren histogram	32

RESİMLER DİZİNİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Testislerin arteryel kanlanması. Abdominal aorta orijinli bilateral testiküler arterler, internal ilyak arter kökenli deferansiyal arterler ve inferior epigastrik arter kökenli kremasterik arterler izleniyor	19
Resim 2.2. Normal testiküler arter anatomisini gösteren şematik çizim	20
Resim 3.1. Orijine göre sınıflandırma, bilateral Tip 1	23
Resim 3.2. Orijine göre sınıflandırma, bilateral Tip 2	23
Resim 3.3. Orijine göre sınıflandırma, bilateral Tip 3	24
Resim 3.4. Orijine göre sınıflandırma, bilateral Tip 4	25
Resim 3.5. Orijine göre sınıflandırma, bilateral Tip 5	25
Resim 3.6. Seyre göre sınıflandırma, bilateral Tip a	26
Resim 3.7. Seyre göre sınıflandırma, sağ Tip b, sol Tip c	27
Resim 4.1. Hastalarımızdan ateroskleroz örnekleri. İki ayrı hastada MİP görüntülerde testiküler arterlerde kalsifik aterosklerotik plaklar izleniyor	28
Resim 4.2. Ölçüm tekniği (MİP görüntü)	35
Resim 4.3. Orta suprarenal arter orijinli testiküler arter (Tip 3a). Sağda Tip 4 orijine sahip testiküler arter, solda ise orta suprarenal arter orijinli testiküler arter izleniyor. A. MİP görüntü. B. Şematik çizim	37
Resim 4.4. Aksesuar renal arter orijinli testiküler arterler (Tip 3a). Farklı hastalarda MİP görüntülerde aksesuar renal arter orijinli sol ve sağ testiküler arterler izleniyor	38
Resim 4.5. Bilateral aksesuar renal arter orijinli testiküler arter (Tip 3a). Bilateral aksesuar renal arterden orijin alan testiküler arterler izleniyor. A. MİP görüntü. B. Şematik çizim	38
Resim 4.6. Sağda farklı orijinli çift testiküler arter (Tip 3a ve 4c). Aynı hastanın farklı MİP görüntülerinde sağda segmenter renal arter ve aortadan köken alan iki testiküler arter izleniyor. Ayrıca aortadan köken	

- alan testiküler arter vena kava inferiorun posteriorundan
seyir gösteriyor 39
- Resim 4.7. Sağda renal pedikül üzerinden ark yapan testiküler arter (Tip 4c).
MİP görüntüde sağda renal pedikül üzerinde ark yapan testiküler
arter (Tip 4c), solda ise normal orijin ve seyirde testiküler arter
(Tip 4a) izleniyor 39
- Resim 4.8. Renal arter orijini seviyesinden, aortadan köken alan testiküler arter
(Tip 2b). MİP görüntüde sağda hemen renal arter seviyesinden,
aortadan köken alan ve inferior vena kava posteriorundan seyir
gösteren sağ testiküler arter izleniyor. Ayrıca solda aortadan orijin
alan testiküler arter de görüntüye dahil 40
- Resim 4.9. Sağda çift testiküler arter. MİP görüntüde sağda aortadan orijin alan
çift testiküler arter izleniyor 40
- Resim 4.10. Alçak ve normal yerleşimli aortadan köken alan testiküler arterler
(Tip 5a ve 4a). MİP görüntüde sağda normalden alçak yerleşimli
ve solda normal yerleşimli aortadan köken alan testiküler
arterler izleniyor 41
- Resim 4.11. Bilateral alçak yerleşimli testiküler arterler (Tip 5a). MİP
görüntülerde bilateral alçak yerleşimli (Tip 5) testiküler arterler,
ayrıca bilateral ilyak arterlerde oklüzyon ve testiküler arterlerin de
katkı sağladığı kollateral dolaşım izleniyor 41
- Resim 4.12. Renal arter orijinli testiküler arterler (Tip 3a). İki ayrı hastada
MİP görüntülerde sağda ve solda renal arter orijinli testiküler
arterler izleniyor 42
- Resim 4.13. Yüksek orijinli testiküler arter (Tip 1b). MİP görüntülerde sağda
renal arter seviyesinin superiorundan köken alan (sağ renal arter
MİP görüntüde görüntüye dahil değil) ve vena kava inferior
posteriorundan seyir gösteren sağ testiküler arter izleniyor 42
- Resim 4.14. Orta suprarenal arter orijinli testiküler arter (Tip 3a). MİP
görüntülerde solda sol renal arterin hemen superiorundan,

orta suprarenal arterden köken alan, normal seyir gösteren
testiküler arter izleniyor

43

Resim 4.15. Segmenter renal arter orijinli testiküler arter (Tip 3a). Aynı
hastanın farklı MİP görüntülerinde segmenter renal arterden
köken alan sol testiküler arter ve artere eşlik eden testiküler
ven izleniyor. A ve B: Aynı hastanın farklı MİP görüntüleri.

C: Şematik çizim

44

Resim 4.16. Sağ ana ilyak arterden köken alan testiküler arter. A. MİP görüntü.
B. Şematik çizim. Sağda pelvik böbrek ile sağ ana ilyak arterden
köken alan renal arterler izleniyor. Aksesuar renal artere
paralel seyreden testiküler arter de segmenter renal arter
seviyesinde sağ ana ilyak arterden köken alıyor
(orijin resimde gösterilmiyor).

45

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo	Sayfa
Tablo 4.1. Sağda orijine ve seyre göre TA sınıflandırmasının tabloda gösterimi	32
Tablo 4.2. Solda orijine ve seyre göre TA sınıflandırmasının tabloda gösterimi	33
Tablo 4.3. Sağ ve solda orijin ve seyre göre sınıflandırmada sayılar ve karşılık yüzdelerinin tabloda gösterimi	34
Tablo 4.4. Ölçümler. Testiküler arter çapı, Tip 4 için aortik bifürkasyon-TA ve TA-RA, Tip 1 için aortik bifürkasyon-TA ve TA-RA, Tip 5 için aortik bifürkasyon-TA ve TA-RA, Tip 2 için 4 için aortik bifürkasyon-TA arası mesafelerin minimum, maksimum ve ortalama mm cinsinden değerleri ile standart sapmalarının tabloda gösterimi	36

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Testiküler arterler (TA) genellikle, çift olarak 2. lumbar vertebra seviyesinden, abdominal aorta (AA) ventralinden, renal arterlerin (RA) 2.5-5 cm kaudalinden köken alır ve oblik seyirle pelvik kaviteye iner. Embriyolojik gelişimiyle bağlantılı olarak farklı sayıda, seyirde ve orijine sahip olarak izlenebilirler [1-4].

Testiküler arterlerin anatomik varyasyonlarının bilinmesi; retroperitoneal cerrahilerde testiküler arter yaralanmasına bağlı olası komplikasyonların önlenmesi, böbrek transplantasyon cerrahilerinde canlı donör nefrektomisi ve diğer nedenlerle yapılacak nefrektomilerde risk oluşturabilecek durumların engellenebilmesi, testiküler arter embolizasyonu ile testiküler kanamanın durdurulması ya da böbrekteki lezyonlara yönelik embolizasyon yapılması gereken durumlarda olası renal arter ya da aksesuar renal arter orijinlerinin saptanması açısından önem taşımaktadır [5-9].

Testiküler arterler milimetrik çapta arterler olup rutin Bilgisayarlı Tomografi (BT) ile değerlendirilebilmeleri oldukça güçtür. Çok kesitli BT Anjiyografi (ÇKBTA) ile ulaşılan çözünürlük sayesinde testiküler arterler de dahil olmak üzere milimetrik vasküler yapıların görüntülenebilmesi mümkün olabilmektedir [10-12]. Böylece vasküler yapıların gösterilmesinde altın standart, invaziv bir yöntem olan konvansiyonel anjiyografiye birçok durumda gerek kalmamaktadır.

Testiküler arterlerin orijin, sayı ve seyir varyasyonlarının non-invaziv olarak gösterilmesi yapılacak birçok cerrahi ve girişimsel işleme ışık tutacak, klinisyene yardımcı olacaktır. Bugüne kadar testiküler arterlerin morfolojik değerlendirilmesi kısıtlı sayılar ile kadavra çalışmalarıyla yapılmıştır. Testiküler arterlerin morfolojisinin non-invaziv yöntemlerle değerlendirilebilmesi bu açıdan önem taşımaktadır.

Çalışmamızın amacı testiküler arterlerin morfolojik özelliklerinin non-invaziv bir yöntem olan çok kesitli BT anjiyografi ile ortaya koyarak BT anjiyografinin bu amaç için kullanılmasının uygun olup olmadığını değerlendirmek ve testiküler arter varyasyon sıklıklarını tanımlayarak yeni bir sınıflandırma sistemi ortaya koymaktır.

2.GENEL BİLGİLER

2.1. Bilgisayarlı Tomografi (BT)

Tomografi, Yunanca tomos (kesit) ve graphia (görüntü) kelimelerinden oluşmaktadır. X ışını kullanarak vücudu kesitler halinde incelemeye olanak sağlar. Böylece röntgenogramlardaki süperpozisyon ortadan kalkmış olur.

Ana fikir Radon tarafından 1917 yılında ortaya atılan “Eğer bir objenin her yönden sınırsız görüntüleri elde edilebilirse, kesit görüntüleri yapılabilir.” hipotezine dayanmaktadır. İlk olarak 1963 yılında Amerikalı fizikçi Allan MacLeod Cormack teorik olarak Bilgisayarlı Tomografi (BT)’yi düşünmüş ve İngiliz Sir Godfrey Newhold Hounsfield 1967-1971 yılları arasında ilk protip BT’yi yapmıştır.

Türkiye’de ise ilk BT sadece beyin görüntülemeye kullanılmak üzere Hacettepe Üniversitesinde 1976 yılında kurulmuştur [13].

İlk BT cihazları tek bir kesit almak için 5 dakikaya varan sürelerle ihtiyaç duymaktaydı. Bu nedenle ilk olarak beyin görüntüleme için kullanılabilmesi mümkün olmuştur. Teknolojik gelişmeler sayesinde günümüzde vücudun tüm bölgeleri için kısa sürelerde BT incelemeleri mümkün olabilmektedir [13, 14].

2.1.1. Bilgisayarlı Tomografide Görüntü Oluşumu

Resim Elemanları

BT görüntüleri piksel adı verilen resim elemanlarının oluşturduğu bir matrikstir. Matriks boyutu 256x256, 512x512 veya 1024x1024 olabilir. Pikseller seçilen kesit kalınlığına bağlı olarak voksel adı verilen bir hacime sahiptir. Voksel organizmayı geçen X ışınının atenuasyonunu gösteren sayısal bir değer taşır. Bu değer Hounsfield Unit (HU) olarak adlandırılır ve bu değer +1000 ile -1000 arasındadır. 0 sayısı genel olarak suyu temsil eder, yağ dokusu ve hava skalanın negatif; yumuşak dokular, kan, kemik gibi yapılar ise aynı skalanın pozitif tarafında yer alır [13, 14].

Görüntüleme Alanı (FOV= Field of View)

BT kesitini oluşturan görüntü alanının genişliğini ifade eder. İncelenecek objenin boyutuna göre seçilir. FOV büyüdükçe sabit olan matrikste pikseller büyüyeceğinden uzaysal çözünürlük (rezolüsyon) azalır. Matriks sayısını değiştirmeden uzaysal rezolüsyonun azalmasını önlemek için “zooming” (odaklama) ya da “targeting” (hedefleme) adı verilen incelenecek objenin bir bölümüne yönelik odaklama uygulaması kullanılabilir [13, 14].

Pencereler

Pencere Genişliği (Window Width)

Monitörde incelenecek yapının diğer yapılardan ideal ayrımı amacıyla gri ton başına düşen doku yoğunluğu sayısının değiştirilmesine yönelik elektronik bir ayardır. Monitör ve her bir BT kesitinde +1000 ile -1000 arasında değişen gri skalada seçilen dansite aralığının üst ve alt sınırını işaret eder. Pencere genişliği daraltıldıkça gri ton başına düşen doku sayısı azalmakta ve görüntülerde yüksek kontrast sağlanmaktadır. Dar pencere genişliği seçilmesi, pencere alanı dışında kalan oluşumların yetersiz değerlendirilmesi ya da gözden kaçırılması da sebep olabilir. Geniş pencere genişliği seçildiğinde gri ton başına düşen doku sayısı artacağından inceleme alanı oldukça homojen olarak izlenir. Buna bağlı olarak küçük dansite değişikliklerini saptamak zorlaşır yani kontrast rezolüsyonu azalır [13, 14].

Pencere Seviyesi (Window Level)

Pencere genişliğinde seçilen dansite aralığının orta noktasını ifade eder.

Ölçümler

BT görüntüleri bir sayısal veri bütünüdür. Görüntüler üzerinde farklı değerlendirme ve ölçümler yapılabilir. Dansite, boyut, reformasyon, toplama ve çıkarma gibi ölçümler bunlardan bazılarıdır. Dansite (yoğunluk) ölçümünde yuvarlak-oval şekilli bir belirteç ile ilgili alan içerisindeki piksellerin yoğunluğu belirlenir. Bu işlem sırasında cihaz seçilen bölgedeki piksellerin toplam HU değerini piksel sayısına

bölerek bir HU değeri vermektedir. Bu nedenle dansitesi ölçülecek alanın gerçeğe yakın yoğunluğunun belirlenebilmesi için örneklem alanı olabildiğince homojen olmalı ve gereğinden büyük olmamalıdır [13, 14].

Rekonstrüksiyon (Reformasyon)

BT cihazları ile genellikle konumlandırma nedeniyle aksiyel düzlemde kesitler alınır. Hipofiz bezi, temporomandibüler eklemler, paranasal sinüsler gibi bazı dar inceleme alanlarında ise koronal veya sagittal düzlemde inceleme yapılabilir. Bilgisayar teknolojisinin sağladığı imkanlarla elde edilen aksiyel kesitler farklı düzlemlerde tekrar oluşturulabilir. Aksiyel ya da diğer planlardaki kesitlerin istenilen bir başka planda yeniden yapılandırılmasına reformasyon veya rekonstrüksiyon adı verilir. Rekonstrüksiyon görüntüsünün rezolüsyonu rekonstrüksiyonu yapılan görüntülerdeki kesit kalınlığı ve kesitler arasında bırakılan boşluğa bağlıdır. Rekonstrüksiyonu yapılan temel görüntülerin kesit kalınlığı ne kadar birbirine eşit ve küçük, kesitler arası mesafe ne kadar dar ve aralıksızsa rekonstrüksiyon görüntüsü o kadar yüksek çözünürlükte olur [13, 14].

Hacimsel gösterim (VRT = Volüm Rendering Teknik)

Hacimsel gösterimde görüntüyü oluşturan tüm voksellerden yararlanılır ve değişik renk ve opasite seçimlerine izin verir. Bir grup vokselle öne çıkarılırken, diğer vokseller gizlenebilir. Vasküler yapıların üç boyutlu görüntüsü, derinlik bilgisi de içerdiğinden gerçek anatomiye yakın görüntülerdir [13, 14].

Maksimum ve Minimum İntensite Projeksiyonlar (MİP)

Üç boyutlu reformat yöntemidir. Maksimum intensite projeksiyon yönteminde kemik, kontrast madde içeren vasküler yapılar gibi yüksek dansiteli oluşumlar ön plana çıkarılır. Düşük dansiteli diğer oluşumlar net olarak görülemeyebilir. Minimum intensite projeksiyon yönteminde ise düşük dansiteli yapılar güçlendirilerek daha belirgin olarak izlenir. Biliyer sistemin görüntülenmesinde ya da akciğer parankimi değerlendirmede kullanılabilir. Her iki

yöntem de orijinal aksiyel görüntülere farklı ve önemli bilgiler ekleyerek özellikle pre-operatif anatomik ve patolojik ayrıntılı değerlendirme sağlar. Süperpoze damarlar iyi görülemeyebilir ancak rotasyonla ortaya konabilir. Vokseli küçük olan oblik damarlar da gözden kaçabilir. MİP yönteminde primer datanın ancak %10'u kullanılır [13, 14].

Multiplanar Reformasyon (MPR)

Z aksının çözümülemesi kesit kalınlığı ile sınırlı olduğu için MPR görüntüsünün uzaysal rezolüsyonu düşüktür. Uzaysal rezolüsyonu yüksek bir görüntü elde edilmek isteniyorsa Z değeri düşürülmelidir. Bu yöntemle koronal, sagital ve aksiyel görüntüler elde edilebilir.

Eğimli MPR; aksiyel görüntüler eğimli bir planda birleştirilerek üç boyutlu reformatlar yapılabilir. Törtüyöz, tübüler yapılar veya mandibula gibi eğimli anatomik yapılara uygulanan üç boyutlu reformat yöntemidir [13, 14].

Yüzey gösterimi (Surface Rendering Gösterim)

Anatomik yapıların yüzeyine yakın voksellerin seçilen eşik değeriyle yardımıyla görüntülediğı bir yöntemdir. Toplam datanın ancak %10 gibi bir kısmı kullanıldığından önemli bir bilgi kaybı söz konusudur. Kullanım alanı sınırlıdır[13, 14].

BT Artefaktları

BT'de artefakt, incelenen objenin gerçek atenüasyon katsayısı ile rekonstrükte edilen görüntünün BT numarası arasında oluşan herhangi bir farklılıktır. Kaynaklarına göre artefaktlar; fizik temelinde gerçekleşenler; beam hardening (ışın sertleşmesi), parsiyel volüm (kısmi hacim), foton açlığı ve aliasing (undersampling); hastadan kaynaklananlar; metalik artefaktlar, hareket artefaktları ve inkomplet projeksiyon; BT cihazından kaynaklanan ring (halka) artefaktlarıdır. Ayrıca helikal ve çok kesitli BT'ye özgü artefaktlar da mevcuttur [13, 14].

Çözümleme Gücü (Rezolüsyon)

Birbirinden ayrılabilen iki yapı arasındaki minimum aralıktır ve uzaysal çözümleme, obje kontrastı, gürültü (noise) ve kontrast çözümleme parametrelerine bağlı olarak değişiklik gösterir. Bu değer santimetrede 5-20 çizgi çifti arasında değişmektedir. BT üreticisi firmalar cihazlarının etkinliği açısından daha ziyade çözümleme gücü değerini vermektedirler.

Sonuç olarak; BT'de kesit kalınlığı azaltıldıkça parsiyel volüm etkisi azalacak ve uzaysal rezolüsyon artacaktır. Buna karşın X-ışını dozu ve dolayısı ile gürültü artacak ve kontrast rezolüsyonu düşecektir.

Temporal Çözümleme (Zamansal Rezolüsyon)

Veriyi toplama zamanıdır. Temporal rezolüsyon, gantri rotasyon zamanı (330-500 msn), rekonstrüksiyon algoritması ve “pitch” faktörüne bağlı olarak değişmektedir.

Uzaysal Çözümleme (Spasyal Rezolüsyon)

İncelenecek bir nokta, çizgi ya da kenarın netliğini kaybetmesinin ölçüsüdür. Birbirine komşu iki yapının ayırt edilebilme gücünü gösterir. Görüntüyü oluşturan piksel boyutları ile yakından ilgilidir. Piksel boyutlarının küçültülmesi, görüntünün daha fazla sayıda noktadan oluşmasına yol açacağından, daha küçük oluşumların birbirlerinden ayrımı sağlanacak ve uzaysal çözümleme artacaktır. BT’ de uzaysal çözümleme tüpün fokal spot boyutu, FOV ve kesit kalınlığı ile ters orantılıdır. Tüpün fokal spot boyutu, görüntüleme alanı (FOV) ve kesit kalınlığı arttıkça uzaysal çözümleme gücü azalmaktadır. BT’nin uzaysal çözümleme gücü konvansiyonel radyografiden daha düşüktür.

Kontrast Çözümleme (Kontrast Rezolüsyon)

Film üzerindeki farklı yoğunlukları ayırt edebilme yeteneğidir. BT’de konvansiyonel radyografide daha yüksektir. Kontrast çözümleme gücü başlıca X ışını intensitesi ve dozuna bağlıdır. BT’de hastanın etkileneceği X ışını dozu; kV (kilovolt),

mA (miliamper) değerleri ve etkilenim (exposure) süresi (sn) ile hesaplanır. Birçok sistemde kV değeri genelde sabittir. X ışını yoğunluğu 150 mA'den başlamak üzere 200, 250, 300, 500 mA değerlerine kadar yükseltilebilir. Yeni teknolojiyle donatılmış BT cihazlarında kV parametresi de değiştirilebilmektedir. Miliamper değeri arttırıldıkça daha yüksek oranda X ışını enerjisi oluşmakta, bununla birlikte tüp daha fazla yüklenmektedir. Kesit alım süresi (sn) arttırıldıkça da hareket artefaktları artmaktadır. Kontrast çözümleme gücü; gürültü ve kesit kalınlığı ile ilişkilidir. İncelenen objenin homojen olmayan yapısından kaynaklanan deviasyonlar olup ortalama 2-4 HU değerindedir. Gürültüyü yarıya indirmek için X ışını dozu 4 kat arttırılmalıdır. Kesit kalınlığı arttırıldıkça kontrast çözümleme gücü artar [13, 14].

Gürültü (Noise)

Bir dokunun BT numarasının, ortalama bir değerin üstünde ve altında olan değişimidir. İstatistikte gürültü standart sapmaya eşdeğerdir. Gürültü oranı yüksek sistemlerde görüntü granülerdir. Piksel boyutu ve kesit kalınlığı gürültüyle ters orantılıdır. Hasta dozu arttıkça gürültü azalır.

Filtrasyon (Görüntü İyileştirme)

BT'de filtreler, görüntülerin idealleşmesine yönelik olarak gürültüyü önleyen, görüntü netliğini ve kenar keskinliğini düzenleyen mekanizmalardır.

Görüntülerin ilk oluşturulduğu aşamada, program içinde tanımlanan, incelenecek alana göre seçilen ve dijital verilerin rekonstrüksiyonu sırasında gerçekleştirilen filtrasyon primer filtrasyon adını almaktadır. Primer filtrasyon ile elde edilmiş görüntüler tekrar filtrasyona tabi tutulabilir. Bu amaçla, yumuşak dokulara yönelik yumuşak (soft), kemik dokulara yönelik keskin (sharp) filtreler kullanılmaktadır. Mevcut filtrasyonlu görüntüler üzerinde gerçekleştirilen bu ikinci filtrasyon işlemine sekonder filtrasyon adı verilmektedir.

Yumuşak (Soft) Filtreler

Kontrast rezolüsyonu arttırmak amacı ile kullanılmaktadır. Daha çok yumuşak doku incelemelerinde yararlanılmaktadır.

Keskin (Sharp) Filtreler

Uzaysal rezolüsyonu arttırmaya yönelik kullanılmaktadır. Genel olarak kemik yapıların incelenmesinde kullanılmaktadır [13, 14, 17].

2.1.2. Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi (ÇKBT)-Multidedektör Bilgisayarlı Tomografi (MDBT)

Yedinci jenerasyon BT özelliklerini taşır. Çekim prensibi spiral BT gibidir. Çok kesitli BT (ÇKBT) veya multi dedektör BT (MDBT) görüntülerin oluşturması için çok sıralı BT dedektörü ile donatılmıştır. Bu BT sistemi sadece bir sıra dedektör içeren konvansiyonel BT'den farklı özellikler gösterir. Bu dedektör sisteminin geliştirilmesi ve spiral BT ile kombinasyonu BT performansını görüntüleme alanı, inceleme zamanı ve görüntü çözünürlüğü açısından belirgin bir şekilde iyileştirmiştir. Aynı zamanda tüp dönüş zamanı 0,5 saniye düzeyine, kesit kalınlığı 0,5 mm düzeyine indirilebilmiştir.

Bu sistemde X ışın tüpü ve dedektörler hasta etrafında 360 derece birbirleri ile senkronize şekilde dönüş yaparlar. Bu dönüş ve veri elde edilişi devamlı ve volumetrik. Tarama zamanındaki kısalma hastadan kaynaklanan istemli ya da istemsiz hareket artefaktlarını minimuma indirmiş ve aynı zamanda daha geniş bir hacmin taranması sağlanmıştır. Bütün bunların yanında longitudinal çözünürlük de artmıştır. Böylece ÇKBT ile anjiyografik inceleme yapılabilir hale gelmiştir [18].

Çok kesitli BT'nin öncüsü 1993 yılında geliştirilen 2 kesitli BT (Elscint TWIN) kabul edilir. İlk gerçek ÇKBT'ler 4x1 mm kesitli olarak 1998 yılında kliniğe girmiştir. Bunu 2000 yılında 8, 2001'de 16 ve daha sonra 32, 2003'te 64 kesitli sistemler izlemiştir. 2006'da çift tüplü 64-kesitli, 2007'de 256-kesitli ve 2008'de 320-kesitli BT'ler klinik kullanıma girmiştir.

ÇKBT'lerde tek tüplü sistemler tarama zamanında istenilen noktaya erişemediğinden temporal rezolüsyonu arttırmak için çift tüp teknolojisi geliştirilmiştir. 2006 yılında çift tüp teknolojisi klinik kullanıma girmiştir. Çift tüplü çok kesitli BT cihazında gantriye birbirine dik olarak yerleştirilmiş iki x-ışını tüpü ve karşılık gelen detektör sistemleri vardır. Tek tüplü sistemlerde temporal rezolüsyon gantri rotasyon zamanının yarısıdır. Çift tüplü BT cihazında temporal rezolüsyon ise gantri rotasyon zamanının 1/4 'ü kadardır (83 msn).

Böylece çift tüplü ÇKBT tek tüplü sistemlere göre çekim hızında artışa, radyasyon dozunda azalmaya ve görüntü kalitesinde iyileşmeye neden olur [13, 14].

Kesit Kalınlığı Seçimi

Çok kesitli BT'de kesit kalınlığı hasta öncesi ve sonrası kolimasyon ve veri alma sistemi ile kombine edilecek dedektör sıra sayısınca belirlenir. 4 kesitli BT'de 4x5 mm, 4x2.5 mm, 4x1 mm ve 2x0.5 mm kalınlıkta kesitler almak mümkündür. Sistemdeki minimum kesit kalınlığı en küçük dedektör elemanının z eksenindeki genişliğince belirlenir.

Dedektör

Dedektör çeşitleri matriks, adaptif ve hibrid dedektörler olarak sınıflanır. Matriks dedektörde, Z eksenı boyunca dedektör elemanlarının boyutları eşittir. Adaptif dizilimde ise dedektör elemanlarının boyutları merkezden dışarı doğru kalınlaşır. Bu dizilim sayesinde oblik gelen X ışınlarının emilimi azaltılarak geometrik doz etkinliği artırılır. Hibrid dedektörde ise dedektör dizisi santralinde eşit kalınlıkta ince dedektör dizisi kullanılırken, kenarlarda eşit kalınlıkta daha geniş dedektör dizileri kullanılır.

Dedektörler arasındaki yaklaşık 0.06 mm kalınlıktaki ışını emen ama bilgi üretmeyen septalar nedeniyle ÇKBT'lerde ve özellikle matriks dedektör diziliminde dedektör etkinliği düşüktür. Bu da hastaya verilen dozun artmasına neden olur. Ancak ÇKBT'de ışın kolimasyonunun fokal spot boyutuna oranı yüksek olduğundan umbra/penumbra oranı da yüksektir. Doz azaltma özelliği ağır bastığından genel

olarak dedektör sıra sayısı arttıkça X ışını kullanım etkinliği arttığından radyasyon dozu azalır [13, 14].

Pitch

$P = \text{masa hızı} / \text{kesit kalınlığı}$. Heikal BT’de pitch faktörü (P) tüpün tam bir rotasyonu süresinde masa hızının kesit kalınlığına oranı olarak tanımlanır. Genellikle Pitch 1 ile 2 arasında bir değerdir.

N kadar aktif dedektörü olan bir ÇKBT sisteminde pitch faktörü şu şekilde hesaplanabilir. $P = \text{masa hızı} / (N \times \text{kesit kalınlığı})$ Pitch bu şekilde maksimum 2 olacaktır. Diğer bir tanımlamada ise tek bir aktif dedektör kanalının kesit kalınlığı kullanılır. Bunu diğerinden ayırmak için P^* sembolü. $P^* = \text{masa hızı} / \text{kesit kalınlığı}$ olarak formülize edilmiştir. . Bu tanımlamada maksimum pitch değeri dedektör kanal sayısı ile değişmektedir. İki Pitch değeri arasında $P^* = n \times P$ şeklinde bağlantı vardır. Her iki yöntemde de aynı sonuca ulaşılır. Çekimlerde pitch değeri arttıkça taranabilecek alan miktarı artar ancak görüntü kalitesi azalır [13, 14].

Görüntü Kalitesi

ÇKBT’de spiral Pitch 1’in üzerine çıktığında görüntü kalitesi bozulmaktadır. ÇKBT’lerde gürültü oranı spiral BT’lere göre düşüktür. Gürültü oranı, düşük pitch uygulamalarında belirgin derecede düşüktür. Düşük pitch değerlerindeki düşük gürültü oranı tarama süperpozisyonlarından kaynaklanmaktadır. ÇKBT’lerde çekim hızı çok artmış olmasına rağmen yeni dedektör teknolojileri sayesinde kesit kalınlıkları ince tutularak Z aksındaki çözünürlük arttırılmıştır. Kesitler ince olduğunda uzaysal çözünürlük artar ve kısmi hacim etkisini ise azalır [13, 14].

Radyasyon Dozu ve Doz ile İlişkili BT Parametreleri

ÇKBT teknolojisi ile yapılan tetkiklerle radyasyon dozunun arttığı endişesi olsa da gerekli ayarlamaların yapılması ile doz azaltılabilir, eski BT teknikleriyle aynı ya da daha düşük dozla daha iyi tanısal kalite yakalanabilir. BT uygulamalarında

amaç tanısal kaliteyi bozmadan, mümkün olan en düşük dozda çekimleri yapmaktır (As low as reasonably achievable (ALARA) prensibi).

Pitch 1'in altında tutulduğunda rotasyon sırasında üst üste binen kesitler nedeniyle radyasyon dozu artar. Ancak bu durumun telafisi efektif mAs'nin azaltılması ile sağlanır ve eşit sinyal/gürültü oranına sahip görüntüler elde edilebilir. Efektif mAs ile mAs / pitch oranı olup sabit tutulur. Bu cihazlarda radyasyon dozu pitch'den bağımsızdır. Pitch'in 1.5/1 olması ile 0,75/1 olması arasında görüntü kalitesi arasında belirgin fark yoktur ancak bu sayede hastanın etkilendiği radyasyon dozu 1.5/1 değerinde yaklaşık %50 daha azdır. Böylece Pitch değeri arttırılarak üst üste binen kesitler azaltılarak da hasta radyasyon dozu azaltılmış olur.

BT'de doz ile ilişkili parametreler; cihazın geometrisi, tipi, tüp akımı ve voltajı, inceleme tekniği, incelenen bölgenin uzunluğu, kolimasyon, masa hızı ve pitch, gantry rotasyon süresi ve shielding (godadlar, tiroid, lens)'tir.

Fokal spot-hasta mesafesinin kısa olması diğer tüm parametreler sabitken hasta dozunda artmaya sebep olur. Tüp akımı %50 azaldığında radyasyon dozu yarıya iner. Tüp akımını azaltılırken sebep olacağı gürültü artmasının tanısal kaliteyi azaltacağı hesaba katılmalı, ona göre ayarlama yapılmalıdır. Pediyatrik incelemelerde görüntü kalitesi fazla etkilenmeden tüp akımını azaltmak mümkündür. Tüp voltajı hem gürültü, hem de kontrast üzerine etkilidir. Doz, voltajın karesiyle doğru orantılıdır. Küçük voltaj değişiklikleri dozda dramatik azalmaya yol açabilir. Abdominal BT'de 140 kV'nin yerine 120 kV ile inceleme yapılırsa, hasta dozunda %20-%40 oranında bir azalma olur.

Gantry rotasyon süresi kısalsa hasta dozu azalır. Özellikle çocuklarda ve gençlerde gonad, meme, lens, tiroid gibi radyosensitif organların korunması önemlidir. Kurşun korumalar ile de hasta dozu azaltılabilir [13, 14].

BT'de Radyasyon Dozunu Azaltmaya Yönelik Teknikler ve Teknolojik Gelişmeler

BT incelemelerinde doz azaltılmasında en önemli strateji incelemenin gerekçesi ve uygunluğunun doğru belirlenmesidir. Klinik istem-endikasyona yönelik çekim protokolleri oluşturulmalı, gereksiz multifazik incelemeler yapılmamalı, hasta

gantri izomerkezine doğru bir şekilde yerleştirilmelidir. Endikasyona uygun dedektör ve kolimasyon seçimi yapılmalıdır. İnceleme yapılacak alan dışında fazla alan taraması yapılmamalı ve doz takibi ve protokollerin kontrolü için ekip oluşturulmalıdır [19].

Doz Azaltımına Yönelik Teknolojiler

X ışını demetinin kullanımı: Hareketli fokal spot ile X ışını demetinin genişliğinin ve pozisyonunun detektörlere göre sürekli değiştirilmesiyle ÇKBT’de dozda azalma sağlanır.

Filtrasyon: Dedektöre ulaşmayan ancak hasta dozunu arttıran düşük enerjili X ışınlarını azaltmak için kullanılır. 5.8 Al filtre ile dozda %17, gürültüde %9 azalma sağlanabilir. Yine papyon veya ışın demetine uygun filtrelerle düz filtrelerle göre dozda %50 azalma sağlanabilir.

Projeksiyon-adaptif rekonstrüksiyon filtreleri: Belli projeksiyonlarda daha fazla olan gürültüyü azaltıcı filtrelerdir. Filtre işlemi rekonstrüksiyon verilerine uygulanır. Rezolüsyonda <%5 oranında kayıp oluşabilir. Radyasyon dozu arttırılmadan gürültüde %30-60 azalma sağlanır.

Otomatik tüp akım modülasyonu: Z aks modülasyonu ya da angular modülasyon (x ve y aksları için) ile tüp akımı, hastanın anatomisine veya istenen gürültü düzeyine göre ayarlanarak hasta dozu azaltılır.

Otomatik tüp voltaj seçimi: Hastanın anatomisine, yapılacak tetkik ve taranacak bölgeye göre imaj kalitesi bozulmadan en düşük tüp voltajının otomatik seçimini sağlar. Kilosu düşük olan hastalarda düşük voltaj seçimi ile görüntü kalitesi bozulmadan doz azaltımı sağlanabilir.

Computer-simulated doz azaltma programı: Hasta dozu azaltma çalışmalarını, gönüllülerde standart ve azaltılmış dozlarda yapmak etik olmayıp gereksiz radyasyon etkilenimi doğurmaktadır. Bilgisayar programlarıyla belli tüp akımındaki standart görüntüye gürültüyü ekleyerek, düşük dozlu BT görüntüsüne benzer bir görüntü oluşturur.

Adaptif doz koruma: Kolimatör kullanılarak görüntülenmeyen alana radyasyon dozu verilmesi önlenir [13, 14].

İteratif rekonstrüksiyon (İTR) : Doz azaltma teknikleriyle radyasyon dozu azaltıldığında görüntü kalitesi de düşmektedir. İTR tekniği; düşük kV, mA ve yüksek masa, gantri hızları ile elde edilen görüntülerdeki gürültünün istatistiksel metotlarla azaltılmasına dayanmaktadır. Bu yöntem sayesinde görüntü kalitesi korunarak ya da geliştirilerek doz azaltılabilmektedir.

‘Filtered Back Projection (FBP)’ rekonstrüksiyon algoritması hızlı çalışması ve daha kolay uygulanabilir olması nedeniyle ana olarak kullanılan rekonstrüksiyon yöntemidir. Ancak FBP’nin kullanımı zamansal ve uzaysal rezolüsyonu arttırmakta iken doz düşürme yeteneği yeterli değildir. Radyasyon dozu düşürmek için alternatif program geliştirme çalışmaları sonucunda 2009 yılında “İteratif rekonstrüksiyon (İTR)” teknikleri kullanılmaya başlanmıştır [20, 21].

Doz düşürüldüğünde oluşan yoğun gürültü ve artefaktları azaltmak için İTR teknikleri rekonstrüksiyonu defalarca tekrarlar. Bu nedenle İTR sisteminde rekonstrüksiyon zamanı uzundur. Farklı firmaların İTR için kullandıkları algoritmalar farklı olsa da varılan noktada düşük artefaktlı, düşük imaj gürültüsüne sahip ve yüksek rezolüsyonlu görüntüler elde edilmektedir. Böylece İTR sistemi ile kV, mA gibi parametreler azaltılarak çekim yapılabilen, işlenmeden tanısal kalitesi iyi olmayan, gürültülü görüntüler rekonstrüksiyon sonrası tanısal kalitesi iyi, gürültüsü azaltılmış görüntülere dönüştürülerek doz azaltılmış olmaktadır [20, 21].

Farklı firmaların farklı İTR sistemleri vardır: Adaptive Statistical Iterative Reconstruction [ASIR], Model-Based Iterative Reconstruction [MBIR or Veo, GE

Healthcare]; Iterative Reconstruction in Image Space [IRIS], Sinogram-Affirmed Iterative Reconstruction [SAFIRE] ve Advanced Model-Based Iterative Reconstruction [ADMIRE, Siemens Healthcare]; Dose and Iterative Model Reconstruction [IMR, Philips Healthcare] ve Adaptive Iterative Dose Reduction [AIDR, Toshiba America Medical Systems] sistemleri gibi [20].

İTR Kullanımı Sınırlayıcıları

İTR'nin bazı dezavantajları vardır. Güçlü İTR; görüntülerde gereğinden fazla yumuşamaya, bunun sonucunda görüntüde kumlanma ya da plastik görünüme ve doku kenarlarında keskinlik kaybına ya da basamaklanmaya neden olabilir. Birçok İTR yazılımı cihaza özeldir ve yüksek teknoloji cihazlarda çalışabilir. FBP ise birçok cihazda bulunur ve kısa sürelerde rekonstrüksiyon yapması nedeniyle klinik pratikte sıkça kullanılır. İTR sistemleri ise tek bir dataset işlenmesinde 30-60 dakikaya ulaşan işleme süreleri ile klinik pratik için çok uygun değildir. Bu limitasyonu aşmak için hibrid FBP-İTR sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemler görüntü eldesiyle neredeyse eş zamanlı (bir dataset için 1 dakikadan daha kısa sürede) rekonstrüksiyon yapabilmektedir [20, 21].

ÇKBT Kullanım Avantajları

Çok kesitli BT, BT teknolojisinde bir atılımı temsil eder. Beklenenin aksine ÇKBT X-ışını kullanım etkinliğinde artmaya neden olduğu için ince kesitler almasına rağmen radyasyon dozunda azalmaya neden olur.

ÇKBT, BT'yi transaksial kesitsel bir teknikten, veri hacminin mükemmel yansıtıldığı çeşitli düzlemlerde değerlendirmeye olanak veren gerçek bir 3 boyutlu (3D) görüntüleme modalitesine dönüştürmüştür. Alınan ince kesitlerle görüntü planının değiştirilebilmesine, multiplanar refomasyona ve 3 boyutlu görüntülerin mükemmele yakın kalitesinin sağlanmasına olanak sağlar. Çok kesitli BT tarayıcılar, tarama süresini azaltarak ve tarama hacmini önemli ölçüde arttırarak performansta büyük bir kazanç sağlar.

ÇKBT'deki tarama hızı ile torakal BT ve abdominal BT gibi tetkikler tek bir nefes tutma süresinde yapılabilir. Böylece nefes tutamamaya ya da harekete bağlı oluşabilecek artefaktlar önemli ölçüde azaltılmıştır [22]. Kalp atımıyla oluşabilecek artefaktların da hızlı görüntü elde edilmesiyle engellenmesi koroner arterlerin incelenmesine olanak sağlamıştır [23]. Ulaşılan hızlarla intravenöz yoldan verilen kontrast maddenin gerçek zamanlı takibi yapılabilir hale gelmiş ve bu da BT anjiyografi incelemesi yapılabilmesini sağlamıştır. Ayrıca düşük hızlı bir tarama ile BT anjiyografi yapmaya çalışmak verilecek kontrast madde miktarını arttıracığından ulaşılan hızlar ile kullanılan kontrast madde miktarı da minimuma indirilmiştir. Artan hızla verilen tek doz kontrast maddenin arteryel (erken ve geç arteryel), venöz ve portal venöz, ekskretuar fazlarda takibi mümkün olabilmekte, multifazik incelemeler yapılabilir [24]. Tarama zamanının kısalması pediatrik hastalarda sedasyon ihtiyacının azalmasında da etkili olmuştur [25].

ÇKBT teknolojisi ile sanal endoskopi, koroner arterlerde stenoz değerlendirilmesi, beyinde perfüzyonun değerlendirilmesi gibi ileri görüntülemeler yapılabilir hale gelmiştir.

ÇKBT Kullanım Dezavantajları

İnce kesitli görüntülemelerde hasta dozunda artış en önemli dezavantajlardan biridir. Dozun azaltılabilmesi için doz azaltma tekniklerinin uygulanması gerekmektedir. ÇKBT teknolojisi ile 3 boyutlu görüntüleme yapmak mümkündür, ancak 3 boyutlu görüntü eldesi özel yazılımlı bilgisayarlar (Workstation) ve bu konuda bilgili teknisyen ya da radyolog gerektirmektedir [25]. Elde edilen veri miktarı ince kesitler nedeniyle eski BT teknolojileri ile karşılaştırıldığında çok artmıştır. Reformatlar ya da 3 boyutlu görüntülerin de depolanmak istenmesi durumunda büyük depolama alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Elde edilen verinin büyüklüğü inceleme değerlendirme sürelerini de artırmaktadır.

Görüntülerde gürültü kesit kalınlığı azaldıkça artmakta ve görüntü kalitesini bozmaktadır. Kesit kalınlığı azaldıkça kontrast rezolüsyon azalmakta ve özellikle BT

anjiografi incelemelerinde dezavantaj olarak karşımıza çıkmaktadır. Çok ince kolimasyon ile cihazın geometrik etkinliği bozulmaktadır [13, 14, 16, 17].

2.1.3. Dual Enerji BT (DEBT)

Dual-Enerji BT (DEBT), iki farklı X ışını enerji spektrumunu kullanarak aynı dokudan iki farklı veri elde eder. Bu yöntemle farklı materyalleri element yapılarındaki farklılıklar sayesinde ayırt edebilir ve doku karakterizasyonu sağlayabilir. Dual-Enerji BT'nin doku karakterizasyonu potansiyeli 1970'lerin sonlarından beri bilinmesine rağmen tekniğin kullanımı bir şekilde iki farklı ve uzun çekim gerektireceğinden ilk jenerasyon BT'lerle mümkün olmamıştır. 2006 yılında farklı X ışını spektrumları ile aynı anda taramaya olanak veren iki kaynaklı BT'lerin geliştirilmesiyle dual enerji uygulamaları tekrar gündeme gelmiştir [26].

Her materyalin ayrı bir atenüasyon eğrisi vardır ve bu sayede DEBT'de iki farklı X-ışını spektrumu kullanılarak dansiteler çeşitli algoritmalarla ayrıştırılıp doku karakterizasyonu yapılır.

DEBT'de iki farklı tüp potansiyeli veya iki farklı enerji aralığını kullanan dedektör kombinasyonları vardır. Tek tüplü DEBT'de tek tüp bulunur ve bu tüpteki voltaj değiştirilerek çekim yapılır. Çift tüplü DEBT'de ise çalışma prensibi cihazda bulunan iki tüpün farklı voltajla çalıştırılmasıdır.

Dual-Enerji BT çekimlerde genellikle kontrast farkının sağlanabilmesi ve görüntülerin çakışmasının engellenebilmesi için 80 kV ve 140 kV tüp voltajları kullanılır.

Dual Enerji BT veya spektral BT, kalsiyum, demir veya iyot gibi yüksek atomik numaraya sahip materyalleri tespit etmek, göstermek, ölçmek veya çıkarmak (subtraction) için kullanılabilir. Aynı zamanda, tüm radyasyon dozunu kullanan konvansiyonel BT görüntüleri oluşturulabilir [27]. İyot tutulumu düşük kV'de çok iyi gösterilebilir. Bu da klinik uygulamada Dual-Enerji BT ile kontrastlı görüntülerden iyot çıkarılarak kontrastsız görüntüler elde edilmesine olanak sağlar. Görüntüdeki iyot miktarları ölçülerek iyot haritalama da yapılabilir.

DEBT'nin diğer kullanım alanları şöyle sıralanabilir: BT anjiyografi tetkiklerinde otomatik kemik çıkarımı, pulmoner emboli gibi patolojilerde kullanılabilecek perfüze olan kan miktarını belirleme (kan havuzu görüntüleme), kontrastlı görüntülerden iyot çıkarımı ile kontrastsız görüntü elde etme, görüntüden aterosklerotik plak çıkarımı, kontrastsız görüntü elde etmeye benzer şekilde görüntüden kalsiyum çıkarımı, üriner sistem taş karakterizasyonu, gut-psödogut ayrımı yapılması (ürik asit-kalsiyum birikimi ayrımı ile), silikon meme implantlarında sızıntının belirlenmesi ve çeşitli artefaktların giderilmesi [28].

2.1.4. Bilgisayarlı Tomografi Anjiyografi (BTA)

ÇKBT'den önce BT anjiyografinin uygulanmasının önündeki engeller; inceleme hızı, uzaysal ve zamansal çözünürlüktü. ÇKBT teknolojisi ile bu engeller kalkınca tek nefes tutma süresince ayrıntılı vasküler görüntülemeyi mümkün kılan BTA kullanıma girmiştir.

Çok Kesitli BTA görüntülemenin dört temel prensip vardır:

1. Görüntü eldesi sırasında iyi arteryel kontrastlanmaya ulaşmak.
2. İdeal arteryel kontrastlanma sırasında yeterli kraniokaudal kapsamı sağlamak.
3. Venöz artefaktlardan korunmak için arteryel yapıların görüntülenmesini erken arteryel fazda gerçekleştirmek.
4. Elde edilen VRT, MPR ve MIP reformatlar da dahil büyük miktarda datanın doğru kullanılması [29].

Vasküler yapıların gösterilmesinde konvansiyonel anjiyografi altın standart olmasına rağmen BTA daha kolay ulaşılabilir, daha ucuz, non-invaziv ve uygulaması daha kolay bir tetkik olmasıyla öne çıkmaktadır.

ÇKBT yenilikleriyle birlikte tüm aorta düşük doz kontrast madde kullanılarak, kısa sürede, küçük vasküler yapıların da gösterimine olanak sağlayan uzaysal çözünürlükte taranabilmektedir [30].

BTA'da vasküler yapıları net olarak değerlendirebilmek için yapılması gereken en önemli şey kontrast maddenin vasküler yapılar içindeki en yüksek

konsantrasyonu sırasında taramanın gerçekleştirilmesidir. Kontrast maddenin periferik yapılara yüksek konsantrasyonda ulaşma zamanı kardiyovasküler duruma, incelenecek damarlardaki darlık vs. gibi patolojilere bağlı olarak değişebilir. Çekim sırasında uygun gecikme zamanı verilmesiyle incelemek vasküler yapılarda kontrast konsantrasyonu yüksekken çekim yapıp ideal değerlendirme sağlanabilir.

Çok Kesitli BT Anjiografide kullanılan kontrast madde enjeksiyonu zamanlama yöntemleri

1-Sabit gecikme yöntemi

2-Test bolus yöntemi

3-Bolus takip yöntemi

Sabit Gecikme Yöntemi

Görüntüleme, kontrast madde enjeksiyonu bitince başlar. Gecikme yaklaşık olarak 25 saniyedir. Yaşa, kardiyovasküler duruma göre gerekli değişikliklerin optimum yapılamaması nedeniyle tanısal kalitede düşme gözlenebilir.

Test Bolus Yöntemi

İnceleme öncesi 10-15 ml kontrast madde verilip BT görüntüleri alınarak dolaşım zamanı ölçülür. Daha sonra elde edilen süreye dayalı olarak çekim yapılır. Çekim süresinin uzamasına, gereksiz doz alımına ve kullanılan kontrast madde miktarının artmasına neden olur.

Bolus Takip Yöntemi

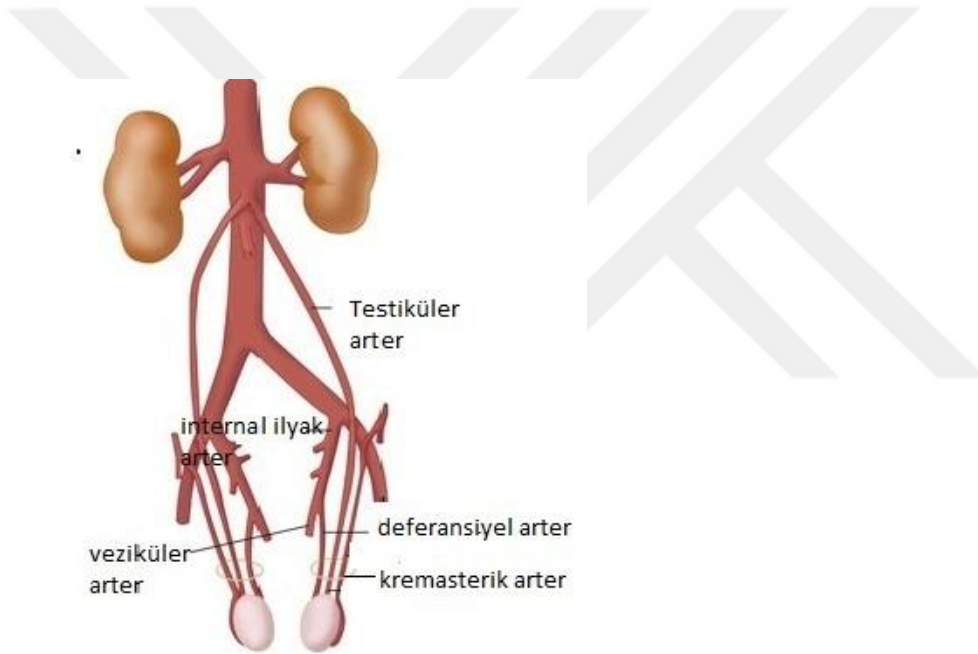
Genel olarak günümüzde kullanılan yöntemdir. Aortaya ROI (Region Of Interest) (ilgilenilen bölge) yerleştirilir ve görüntüleme, kontrast madde önceden belirlenen eşik Hounsfield ünitesine ulaştığında başlar.

2.2. Testiküler Arterlerin Embriyoloji ve Anatomisi

2.2.1. Embriyoloji

İnsan testis ve arterlerinin embriyolojik gelişiminin bilinmesi arteryel varyasyonları anlamaya yardımcı olacaktır. Testis, skrotum ve ilişkili yapıların beslenmesi testiküler arterler, kremasterik arterler ve deferensiyal arterlerle sağlanmaktadır (Resim 2.1).

Testisler posterior abdominal duvarda, 2. lumbar vertebra düzeyinde, retroperitoneal olarak gelişir ve daha sonra skrotuma iner. Bu iniş sırasında testislere L2 vertebra düzeyinden, abdominal aorta anteriorundan köken alan bir çift arter eşlik eder [31].



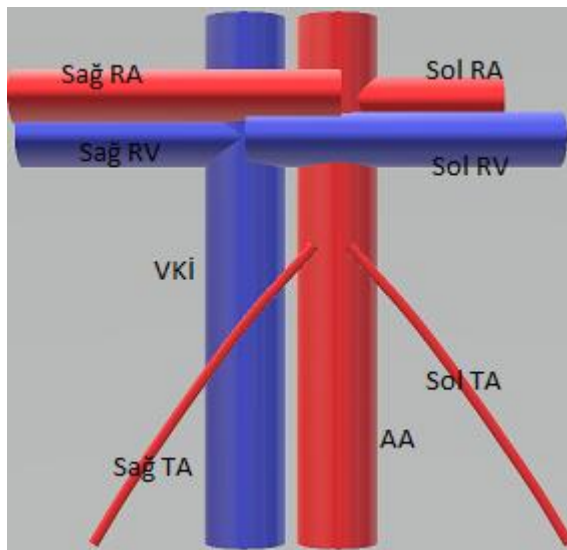
Resim 2.1. Testislerin arteryel kanlanması. Abdominal aorta orijinli bilateral testiküler arterler, internal ilyak arter kökenli deferansiyel arterler ve inferior epigastrik arter kökenli kremasterik arterler izleniyor. <https://radiologykey.com/duplex-ultrasound-evaluation-of-the-male-genitalia/>

Embriyonun orta kesiminde gelişen iki taraflı lateral segmental arterler, mezonefronlar ve gonadların beslenmesini sağlayan arterlere dönüşür. Embryo kraniyal, orta ve kaudal olmak üzere 3 grup lateral mezonefrik arter grubuna sahiptir. Kaudal arter grubundan bir arter kalıcı olarak fetusta gonadal artere

dönüşür. Kranial gruptan bir arterin gonadal arter olarak kalıcı olması durumunda gonadal arter yüksek orijinli olur [32]. Renal arterler lateral mezonefrik arterlerin orta grubundan köken alır [33]. Lateral mezonefrik arterlerin orta grubundan bir arterin gonadal arter olarak kalıcı olması durumunda ise gonadal arter renal arter orijinli olabilir[34]. Buna benzer olarak aksesuar renal arter de embriyolojik olarak mezonefrik ya da lateral segmental arterlerin kalıntısıdır. Aksesuar renal arter ve renal arter kökenli gonadal arterlerin embriyolojik olarak örtüşen özellikleri mevcuttur [8]. Bu nedenle gonadal arter orijinlerindeki farklılıklar ile renal arter varyasyonları yakın ilişki gösterir.

2.2.2. Anatomi

Testiküler arterler genel olarak L1-L3 vertebral düzeyinde, abdominal aorta anterolaterinden köken alır ve retroperitoneal olarak psoas major kası üzerinde seyir gösterir [35] (şekil 2.2). Sağ testiküler arter genel olarak inferior vena kava ventrali ve duodenum 3. kesimi posteriorundan geçer. Her iki testiküler arter de genitofemoral sinir, üreter ve eksternal ilyak arterin alt kesimlerinin anteriorundan geçer ve spermatik korda katılmak için derin inguinal halkada bulunan inguinal kanala girer ve skrotuma ulaşır [36].



Resim 2.2. Normal testiküler arter anatomisini gösteren şematik çizim (RA: Renal Arter, RV: Renal Ven, TA: Testiküler Arter, VKİ: Vena Kava İnferior, AA: Abdominal Aorta).

Klasik anatomik tanımlamanın dışında testiküler arterler orta suprarenal, lumbal, renal, aksesuar renal, eksternal ilyak arter ya da normalden daha yüksek ya da alçak bir seviyeden abdominal aorta orijinine sahip olabilirler [37]. Sağ testiküler arter seyri inferior vena kava anterioru yerine posteriorundan olabilir ya da sağ ya da sol tarafta çift testiküler arter izlenebilir [34]. Her iki testiküler arter de seyir sırasında ipsilateral renal arter, ven ya da ya da her ikisinin birden üzerinden geçerek ark oluşturabilir [38, 39]. Nadir durumlarda testiküler arterler olmayabilir. Bu durumda testislerin beslenmesi vesiküler ya da prostatik arterlerle sağlanır [40].

Testiküler arterler genellikle dal vermezler. Abdomende testiküler arter perirenal yağ dokuyu, üreteri ve lenf nodlarını ve inguinal kanalda kremaster kasını besler. Bu yapıları besleyen küçük dallar verebilirler [4].

3. GEREÇ VE YÖNTEM

3.1. Kapsam ve Yöntem

Çalışmamızda Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalında Ocak 2015-Ocak 2018 tarihleri arasında çeşitli nedenlerle abdominal BT anjiyografi çekimi yapılan erkek hastalarda bilateral testiküler arterlerin morfolojik özellikleri incelenmiştir. Pediatrik, endovasküler ya da cerrahi yolla tedavi edilmiş abdominal aorta anevrizması olan veya orşiektomi öyküsü olan hastalar çalışmaya dahil edilmemiştir. Belirtilen tarihler arasında dışlama kriterine sahip olmayan abdominal BT anjiyografi yapılan 723 hastanın görüntüleri retrospektif olarak değerlendirilmiştir.

3.2. Teknik

Abdominal BT anjiyografi tetkiki için yönlendirilen hastalar Radyoloji bölümümüze geldiklerinde ilaç kullanımı (metformin vb.), böbrek fonksiyon testleri ve alerji öyküsü sorgulandıktan sonra çekim için hazırlıkları yapılmıştır. Antekubital fossadan 18-20 G damar yolu ile intravenöz giriş sağlanmıştır. Radyoloji Anabilim Dalı Bilgisayarlı Tomografi görüntüleme ünitesinde 64 kesit çift tüplü BT cihazında

(SOMATOM Definition, Siemens Tıbbi Çözümler, Forchheim, Almanya) incelemeler gerçekleştirilmiştir.

Otomatik enjektör (Ulrich, Germany) yardımıyla 80cc kontrast madde (İyopromid; Ultravist 370/100); 5cc/sn hızında enjekte edilmiştir. Kontrast madde enjeksiyonu sonrasında ise 50cc %0,9'luk serum fizyolojik yine 5cc/sn hızında enjekte edilmiştir. Zamanlama için abdominal aorta seviyesinden CARE Bolus (Siemens Tıp Çözümleri, Forchheim, Almanya) tekniği kullanılmıştır. Abdominal aorta atenuasyonu 100 HU değerine ulaştıktan 7 sn sonra görüntüleme başlatılmıştır. Kesitler abdominal BT anjiyografi tetkiki olan hastalar için diafragmadan simfizis pubise kadar olan alanı içermektedir. Sıklıkla birlikte yapılan alt ekstremité ve abdominal BT anjiyografi istemlerinde ise kesitler diafragmadan ayakucuna kadar olan alanı içermektedir. Çekim protokolümüz gantri rotasyon süresi 330 msn, rekonstrüksiyon indeksi 0,5 mm, pitch 1,4, 120 kVp, 150 efektif mAs, kolimasyon 0,6 mm, kesit kalınlığı 1 mm olarak gerçekleştirilmiştir.

3.3. Çalışma metodu

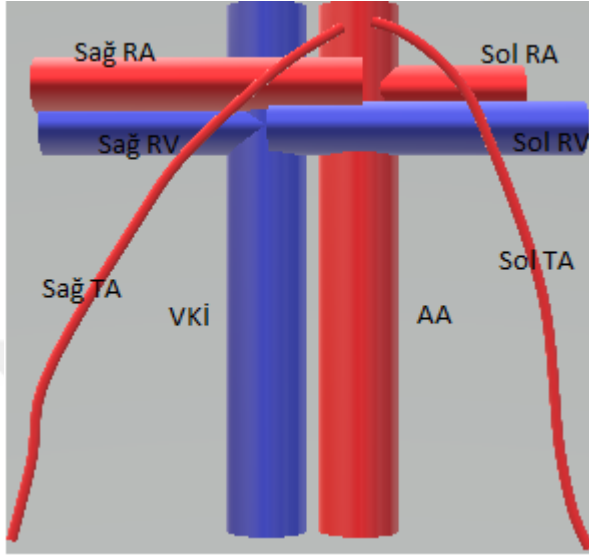
Elde olunan abdominal BT anjiyografi tetkikleri, LEONARDO (Siemens) çalışma istasyonunda ve PACS (GE Centricity Universal Viewer) sistemi ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme aksiyel, 2 ve 3 boyutlu rekonstrüksiyon görüntüleri üzerinden yapılmıştır. Testiküler arterler VR tekniğinin uygulanması için çok ince olduğundan görüntülerin değerlendirilmesinde daha ziyade MIP rekonstrüksiyon tekniği kullanılmıştır.

Testiküler arterlerin orijinleri, seyirleri ve sayıları sağ ve sol taraf için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Geniş, kapsamlı, kabul gören bir testiküler arter sınıflandırması olmaması nedeniyle elde edilen veriler ışığında orijin ve seyre göre yeni bir sınıflandırma sistemi oluşturulmuştur.

3.3.1. Teklif Edilen Testiküler Arter Sınıflandırması:

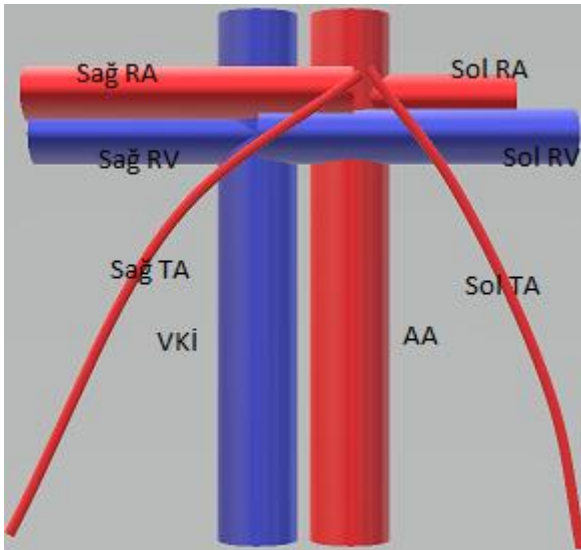
Orijine göre:

Tip 1: Renal arter seviyesinin superiorundan, abdominal aortadan köken alan testiküler arter (Resim 3.1).



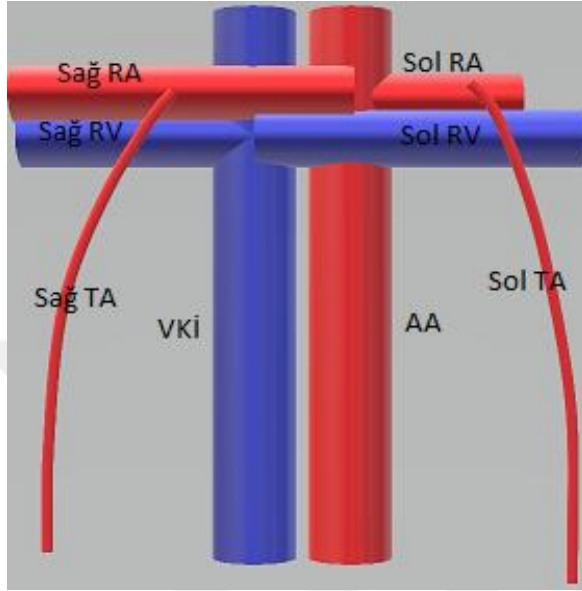
Resim 3.1. Orijine göre sınıflandırma, bilateral Tip 1 (RA: Renal Arter, RV: Renal Ven, TA: Testiküler Arter, VKİ: Vena Kava İnför, AA: Abdominal Aorta).

Tip 2: Renal arter seviyesinden, abdominal aortadan köken alan testiküler arter (Resim 3.2).



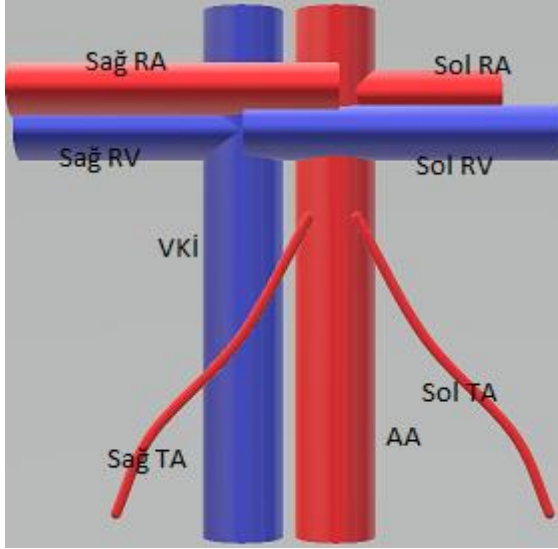
Resim 3.2. Orijine göre sınıflandırma, bilateral Tip 2 (RA: Renal Arter, RV: Renal Ven, TA: Testiküler Arter, VKİ: Vena Kava İnför, AA: Abdominal Aorta).

Tip 3: Renal arter, segmenter renal arter, aksesuar renal arter ya da orta suprarenal arterden köken alan testiküler arter (Resim 3.3).



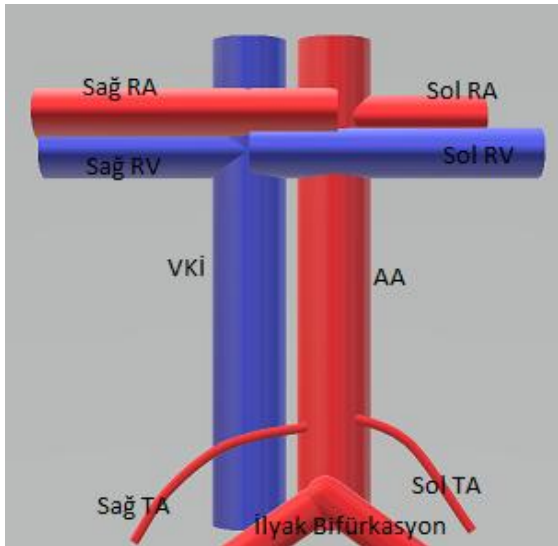
Resim 3.3. Orijine göre sınıflandırma, bilateral Tip 3 (RA: Renal Arter, RV: Renal Ven, TA: Testiküler Arter, VKİ: Vena Kava İnferior, AA: Abdominal Aorta).

Tip 4: Renal arter seviyesinin inferiorundan, abdominal aortadan köken alan testiküler arter (Bu tipe renal arter orijininden 5 cm'den daha inferiordan ya da ilyak bifürkasyon-renal arter orijini arasındaki mesafede ilyak bifürkasyona daha yakınından, abdominal aortadan köken alanlar dahil değildir) (Resim 3.4).



Resim 3.4. Orijine göre sınıflandırma, bilateral Tip 4 (RA: Renal Arter, RV: Renal Ven, TA: Testiküler Arter, VKİ: Vena Kava İnferior, AA: Abdominal Aorta).

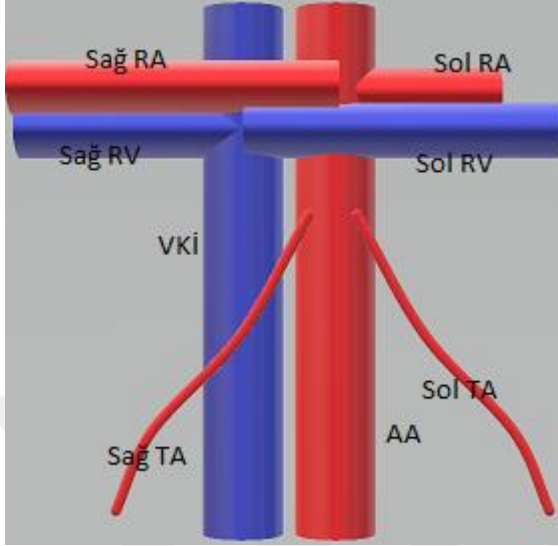
Tip 5: Renal arter seviyesinin 5 cm'den daha fazla inferiorundan ya da ilyak bifürkasyon-renal arter orijini arasındaki mesafede ilyak bifürkasyona daha yakın bir lokasyonda aortadan köken alan testiküler arter (Resim 3.5).



Resim 3.5. Orijine göre sınıflandırma, bilateral Tip 5 (RA: Renal Arter, RV: Renal Ven, TA: Testiküler Arter, VKİ: Vena Kava İnferior, AA: Abdominal Aorta).

Seyre göre:

Tip a: Normal seyrinde testiküler arter (Resim 3.6).

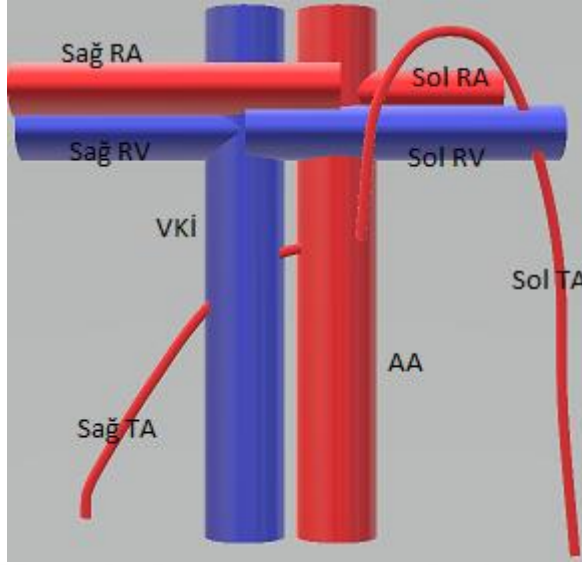


Resim 3.6. Seyre göre sınıflandırma, bilateral Tip a (RA: Renal Arter, RV: Renal Ven, TA: Testiküler Arter, VKİ: Vena Kava İnferior, AA: Abdominal Aorta).

Tip b: Sağ testiküler arter için geçerli; vena kava inferior posteriorundan seyreden testiküler arter (Resim 3.7).

Tip c: Renal pedikül tamamı ya da bir kısmı (renal arter, renal ven ya da renal ven dalı) üzerinden ark yapan testiküler arter (Resim 3.7).

Sağ ve sol testiküler arter için ayrı ayrı orijini gösteren bir sayı ve seyri gösteren bir harf kullanılacaktır (Tip 4a, tip 1c gibi). Sağ testiküler arter için geçerli; hem vena kava inferior posteriorundan geçen, hem de renal pedikül üzerinden ark yapan testiküler arterde orijine dayalı sayı sınıflandırmasının yanında, seyir sınıflandırmasında ilgili seyirleri belirten b ve c harfleri birlikte kullanılacaktır (Tip 2bc gibi). Tek tarafta birden fazla testiküler arter olması durumunda arterler ayrı ayrı sınıflandırılacaktır.



Resim 3.7. Seyre göre sınıflandırma, sağ Tip b, sol Tip c (RA: Renal Arter, RV: Renal Ven, TA: Testiküler Arter, VKİ: Vena Kava İnferior, AA: Abdominal Aorta).

3.3.2. İstatiksel Analiz

Çalışmamız deskriptif bir araştırma olup istatistiksel analizler SPSS Windows Version 21 programıyla yapılmıştır. Kategorik değişkenler için sayı ve yüzdelik kullanılmıştır. Sayısal değişkenler ise ortalama, $\pm$ standart sapma ve minimum–maksimum değerler ile gösterilmiştir.

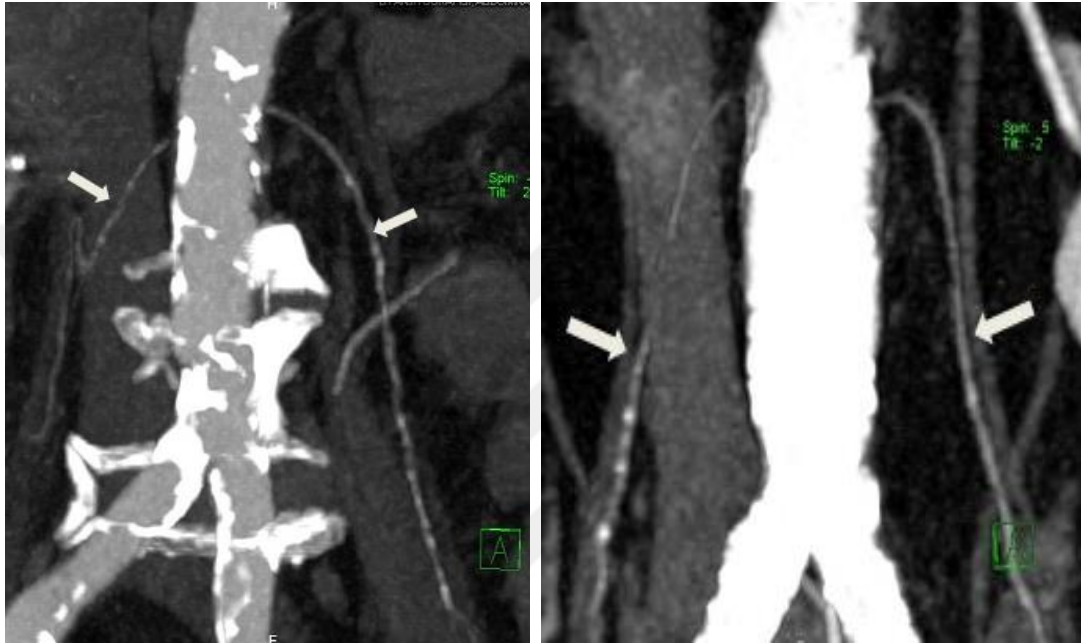
4. BULGULAR

4.1. Hasta Özellikleri ve Ateroskleroz Sıklığı

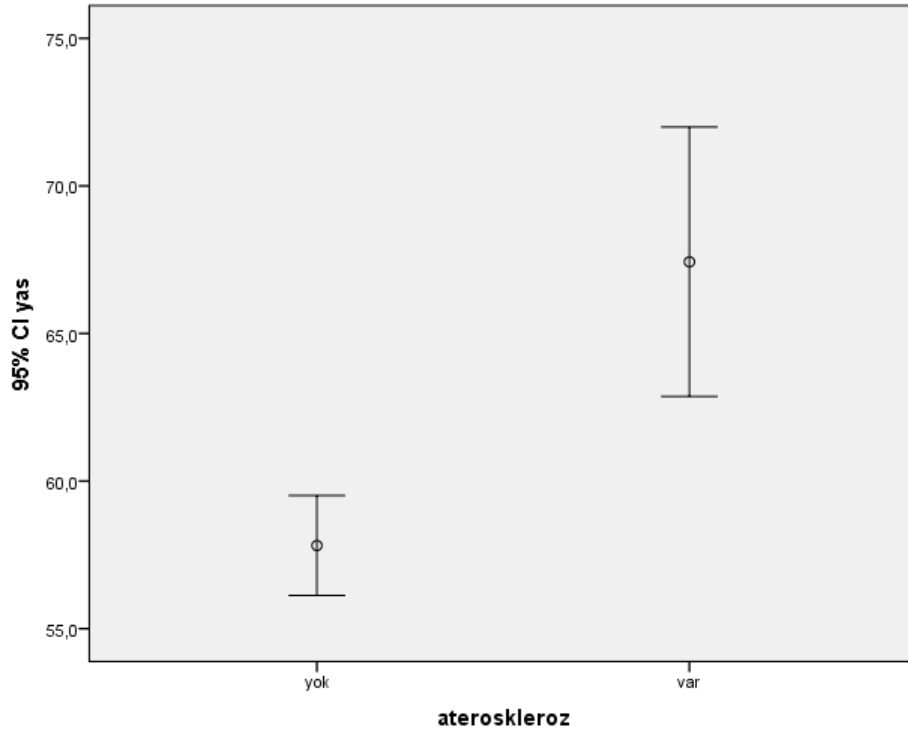
Çalışmaya çeşitli nedenlerle abdominal BTA çekilen tamamı erkek 732 hasta dahil edildi. Yapılan değerlendirme ile sadece sağ, sadece sol ya da her iki tarafta testiküler arter (TA) orijinlerinin ve seyirlerinin net olarak değerlendirilemediği görüntüler tanısal kabul edilmedi. Taranan 732 hastadan 400 'ünün (% 55) görüntüsü çalışmamız kapsamında tanısal olarak değerlendirildi. Hastaların yaşları 18 ile 89 arasında değişmekte olup, ortalama yaş $58,32 \pm 16,61$ olarak saptandı.

BT görüntüleri tanısal olarak değerlendirilen 400 hastanın 21'inde (% 5,3) sağ ve sol testiküler arterde aterosklerotik değişiklikler izlendi (Resim 4.1). Testiküler arterlerinde ateroskleroz izlenen tüm hastaların aorta ve ana dallarında ağır

ateroskleroz bulguları vardı. Ateroskleroz görülen hastalardan en genci 49, en yaşlısı 86 yaşındaydı. Aterosklerozu olan hastaların yaş ortalaması $67,4 \pm 10$, olmayan hastaların yaş ortalaması $57,8 \pm 16,7$ 'dir. Aterosklerozu olan hastaların yaş ortalaması, olmayan hastaların yaş ortalamasından daha yüksek bulunmuş olup istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0,001$) (Grafik 4.1).



Resim 4.1. Hastalarımızdan ateroskleroz örnekleri. İki ayrı hastada MİP görüntülerde testiküler arterlerde kalsifik aterosklerotik plaklar izleniyor. Oklar: Sağ ve sol testiküler arterler



Grafik 4.1. Testiküler arterlerde ateroskleroz-yaş ilişkisinin kutu grafiği şeklinde gösterimi

4.2. Testiküler Arterlerin Sınıflandırılması

İncelenen sağ ve sol olmak üzere toplam 800 tarafta 777 (% 97) tek TA, 22 (% 2,75) çift TA izlendi. 1 tarafta ise (% 0,25) ise TA izlenmedi.

Değerlendirilen 400 hastada sağ taraftaki testiküler arterlerin incelenmesinde 388 (% 97) hastada tek testiküler arter, 12 (% 3) hastada ise çift testiküler arter izlendi. Solda ise 389 (% 97,2) hastada tek TA, 10 (% 2,5) hastada ise çift TA izlendi. 1 (% 0,3) hastada ise solda testiküler arter yoktu. Toplam 400 hastanın 2'sinde (% 0,5) bilateral çift testiküler arter vardı.

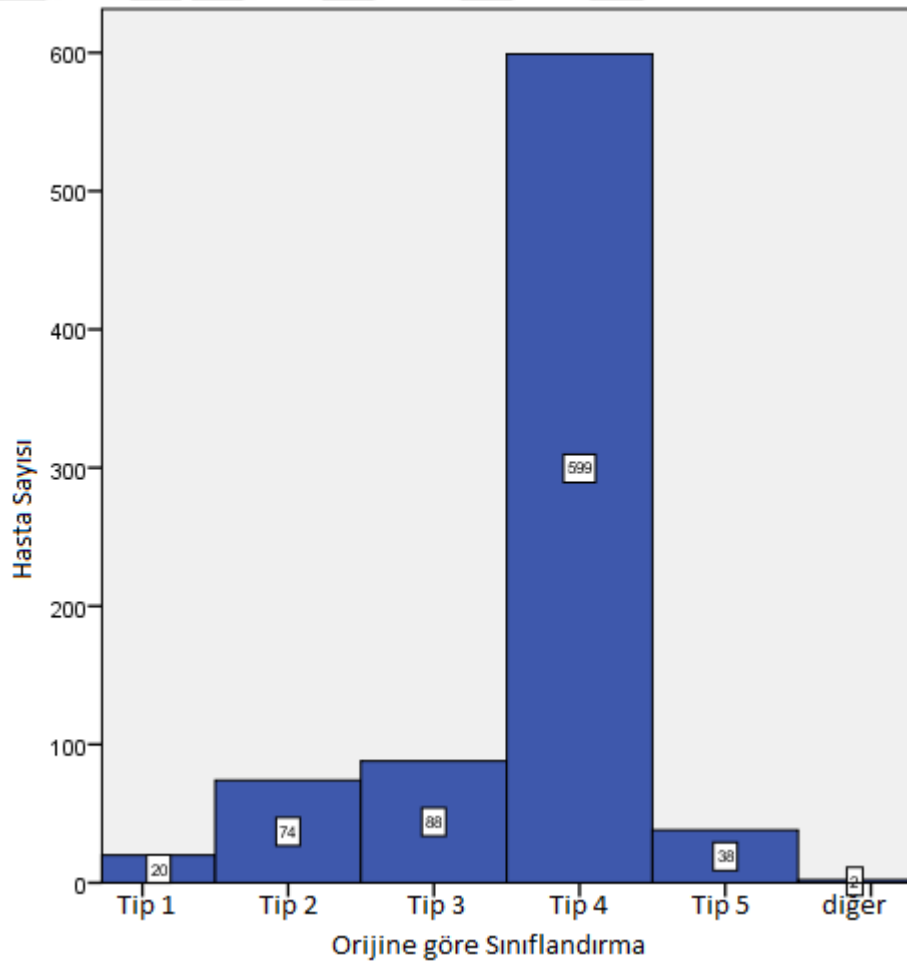
İncelenen toplam 821 TA'da orijine göre sınıflandırmada; 20 (% 2,4) TA Tip 1, 74 (% 9) TA Tip 2, 88 (% 10,7) TA Tip 3, 599 (% 73) TA Tip 4 ve 38 (% 4,6) TA Tip 5 orijine sahipti. 88 Tip 3 TA'nın 40'ı (% 4,9) aksesuar renal arter orijinli, 29'u (% 3,5) renal arter orijinli, 11'i (% 1,3) orta suprarenal arter orijinli ve 8'i (% 1) segmenter renal arter orijinliydi. 2 (% 0,2) TA'da bir TA orijini sağ ilyak arterdi. Bu hasta ayrıca pelvik böbreğe sahipti ve renal arteriyel vasküler yapılar da ilyak arter kökenliydi. Bu TA nadir varyant kabul edildiğinden, bir TA'da ise pelvik yerleşimli böbrekler

nedeniyle renal arterlerin normalden inferiordan abdominal aortadan köken alıyor olması nedeniyle sınıflandırmaya dahil edilmedi (Grafik 4.2).

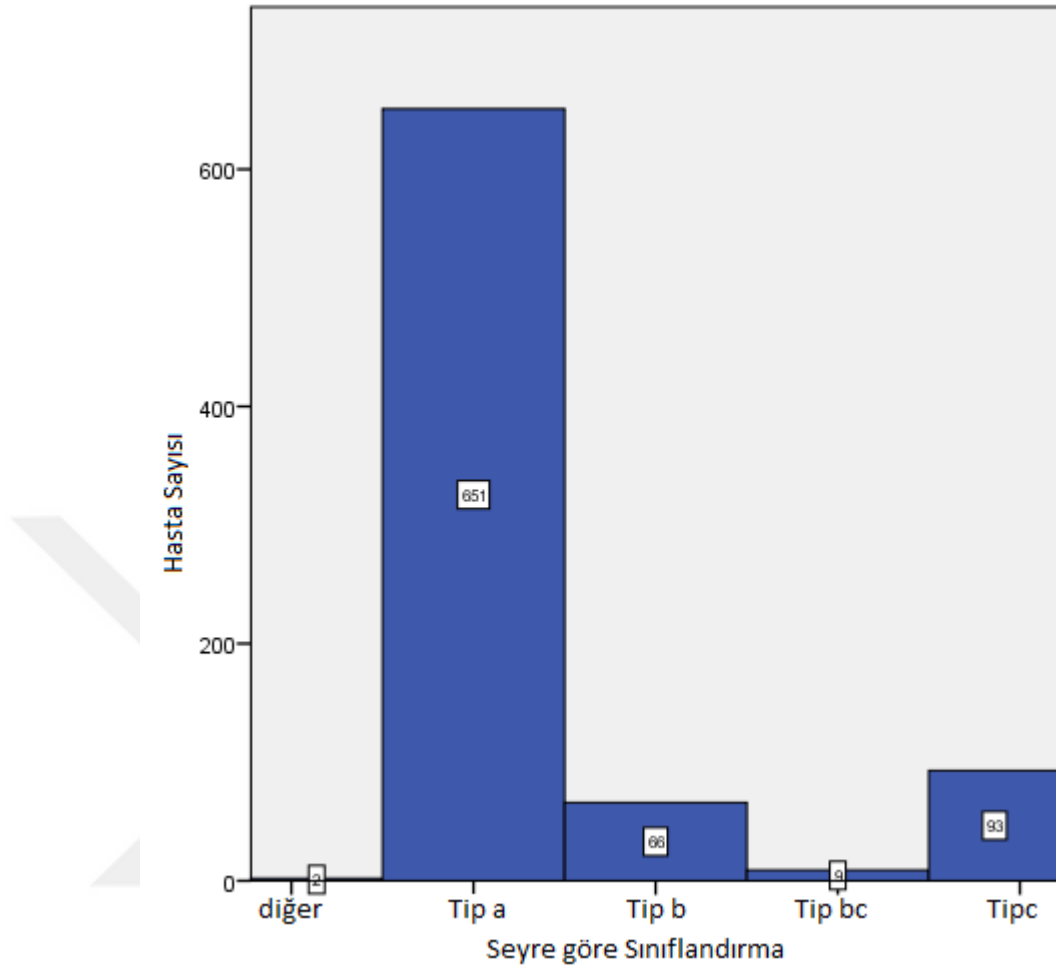
Toplam 821 TA'nın seyre göre sınıflandırılmasında; 651 (% 79,3) TA Tip a, 66 (% 8) TA Tip b, 9 (%1,1) TA Tip bc ve 93 (% 11,3) TA'da Tip c seyir izlendi. 2 (% 0,2) TA ise sınıflandırmaya dahil edilmedi (Grafik 4.3).

821 TA'nın orijin ve seyre göre sınıflandırması grafikte gösterilmiştir. Buna göre en sık izlenen tipler; 532 (% 64,8) ile Tip 4a, 61 (% 7,4) ile Tip 3a, 40 (% 4,9) ile Tip 2c, 38 (% 4,6) ile Tip 5a, 34 (% 4,1) ile Tip 4b ve 30 (% 3,7) ile Tip 4c idi. (Grafik 4.4).

Sağda incelenen toplam 412 TA'da orijine göre sınıflandırma yapıldığında 10 (%2,4) tanesi Tip 1, 34 (%8,3) tanesi Tip 2, 54 (%13,1) tanesi Tip 3, 290 (%70,4) tanesi Tip 4 ve 22 (%5,3) tanesi Tip 5'ti.



Grafik 4.2. Testiküler arterlerin orijine göre sınıflandırması-hasta sayısı ilişkisini gösteren histogram



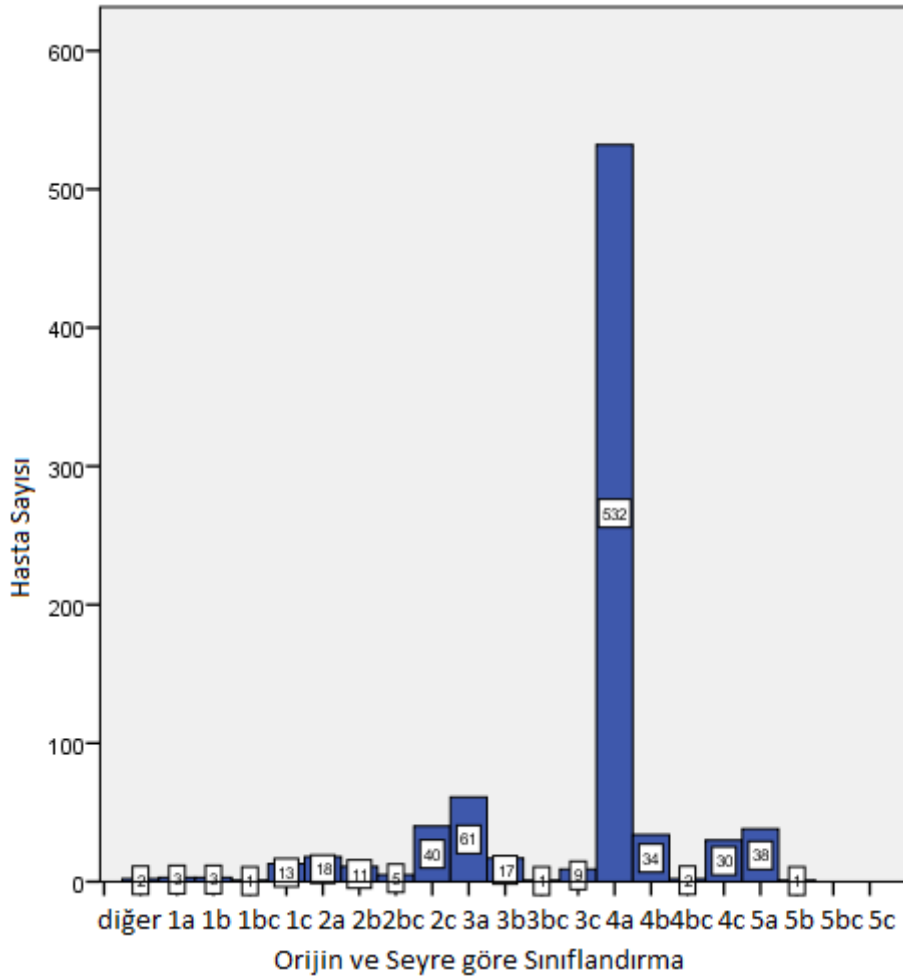
Grafik 4.3. Testiküler arterlerin seyre göre sınıflandırması-hasta sayısı ilişkisini gösteren histogram

Yine sağda incelenen toplam 412 TA'da seyre göre sınıflandırma yapıldığında 313 (% 76) tanesi Tip a, 66 (% 16) tanesi Tip b, 9 (% 2,2) tanesi Tip bc, 22 (% 5,3) tanesi Tip c idi (Tablo 4.1).

Sağda hem orijin hem seyre göre yapılan ikili sınıflandırma tabloda yer almaktadır. Sıklık sırasına göre ilk üçte 251 (% 60,9) hasta Tip 4a, 34 (% 8,3) hasta Tip 4b ve 32 (% 7,8) hasta Tip 3c olarak izlendi (Tablo 4.3).

		Sağ-Orijine Göre Sınıflandırma					
		Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5	Diğer
		10	34	54	290	22	2
Sağ-Seyre Göre Sınıflandırma	0 (2)	0	0	0	0	0	2
	a (313)	2	7	32	251	21	0
	b (66)	3	11	17	34	1	0
	bc (9)	1	5	1	2	0	0
	c (22)	4	11	4	3	0	0

Tablo 4.1. Sağda orijine ve seyre göre TA sınıflandırmasının tabloda gösterimi



Grafik 4.4. Testiküler arterlerin orijine ve seyre göre sınıflandırması-hasta sayısı ilişkisini gösteren histogram

1 (% 0,25) hastada pelvik böbrek olması ve renal arter orijininin normalden inferior yerleşimli olması nedeniyle TA aortadan orijin olsa da net bir orijin ve seyir sınıflandırması yapılamadı. 1 (% 0,25) hastada ise yine pelvik yerleşimli böbrek ve sağ ilyak arter kökenli renal arterler izlendi. Sağ testiküler arter de sağ ilyak arter kökenli olup sınıflandırmaya dahil edilemedi (Resim 4.16). Nadir varyant olarak kabul edildi.

Solda incelenen toplam 409 TA'da orijine göre sınıflandırma yapıldığında 10 (% 2,4) tanesi Tip 1, 40 (% 9,8) tanesi Tip 2, 34 (% 8,3) tanesi Tip 3, 309 (% 75,6) tanesi Tip 4 ve 16 (% 3,9) tanesi Tip 5 orijine sahipti.

Yine solda incelenen toplam 409 TA'da seyre göre sınıflandırma yapıldığında 338 (% 82,6) TA Tip a ve 71 (% 17,4) TA Tip c idi. Solda Tip 2 orijine sahip 40 TA'nın 29'u (% 73) renal pedikül üzerinden ark yapmaktaydı (Tip c) (Tablo 4.2).

Solda hem orijin hem seyre göre yapılan ikili sınıflandırma tabloda yer almaktadır. Sıklık sırasına göre 281 (% 68,7) TA Tip 4a, 29 (% 7,1) TA Tip 3a, 29 (% 7,1) TA Tip 2c ve 27 (% 6,6) TA Tip 4c olarak izlendi (Tablo 4.3).

4.3. Ölçümler

Aksiyel kesitlerde damar duvarını da içine alacak şekilde bilateral TA çapları mm cinsinden ölçüldü. İncelenen toplam 821 testiküler arterde en küçük arter çapı 1,5 mm, en büyük arter çapı 5,3 mm, ortalama çap ise $2,4 \pm 0,3$ mm'dir. Sağda incelenen 412 testiküler arterde en küçük arter çapı 1,5 mm, en büyük arter çapı 3,7 mm, ortalama çap ise $2,4 \pm 0,3$ mm'dir. Solda incelenen 409 testiküler arterde ise en küçük arter çapı 1,7 mm, en büyük arter çapı 5,3 mm ve ortalama çap $2,4 \pm 0,3$ mm'dir.

	Sol-Orijine Göre Sınıflandırma				
	Tip 1	Tip 2	Tip 3	Tip 4	Tip 5
	10	40	34	309	16
Sol-Seyre a	1	11	29	281	16
Göre Sınıflandırma c	9	29	5	28	0

Tablo 4.2. Solda orijine ve seyre göre TA sınıflandırmasının tabloda gösterimi

Orijin-seyir tip	Sağ Sayı	Sağ Yüzde	Sol Sayı	Sol Yüzde
0	2	,5		
1a	2	,5	1	,2
1b	3	,7		
1bc	1	,2		
1c	4	1,0	9	2,2
2a	7	1,7	11	2,7
2b	11	2,7		
2bc	5	1,2		
2c	11	2,7	29	7,1
3a	32	7,8	29	7,1
3b	17	4,1		
3bc	1	,2		
3c	4	1,0	5	1,2
4a	251	60,9	281	68,7
4b	34	8,3		
4bc	2	,5		
4c	3	,7	27	6,6
5a	21	5,1	17	4,2
5b	1	,2	,2	
Toplam	412		409	

Tablo 4.3. Sağ ve solda orijin ve seyre göre sınıflandırmada sayılar ve karşılık yüzdelerinin tabloda gösterimi

Tip 1, 4 ve 5 için renal arter inferior marjini-TA ve TA-aortik bifürkasyon; Tip 2 için TA-aortik bifürkasyon arası mesafe ölçümleri mm cinsinden yapıldı (Resim 4.2).

Sağ ve sol taraftaki toplam 20 tane Tip 1 seyir gösteren TA'da; TA orijini-aortik bifürkasyon arasındaki mesafe minimum 96 mm, maksimum 130 mm ve ortalama $110,65 \pm 7,59$ mm'dir. Renal arter orijini inferior sınırı-TA orijini arasındaki mesafe ise minimum 8 mm, maksimum 44 mm ve ortalama $12,80 \pm 7,951$ mm'dir.

Sağ ve sol taraftaki toplam 74 Tip 2 seyir gösteren TA'da; TA orijini-aortik bifürkasyon arasındaki mesafe minimum 67 mm, maksimum 130 mm ve ortalama

99,61 $\pm$ 12,336 mm'dir. Tip 2 renal arter seviyesinden köken aldığı için orijine uzaklık 0 kabul edilmiştir.

Sağ ve sol taraftaki toplam 599 Tip 4 seyir gösteren TA'da; TA orijini-aortik bifürkasyon arasındaki mesafe minimum 37 mm, maksimum 125 mm ve ortalama 71,45 $\pm$ 14,968 mm'dir. Renal arter orijini inferior sınırı-TA orijini arasındaki mesafe ise minimum 2 mm, maksimum 50 mm ve ortalama 25,70 $\pm$ 11,604 mm'dir.

Sağ ve sol taraftaki toplam 38 Tip 5 seyir gösteren TA'da; TA orijini-aortik bifürkasyon arasındaki mesafe minimum 29 mm, maksimum 71 mm ve ortalama 45,47 $\pm$ 10,423 mm'dir. Renal arter orijini inferior sınırı-TA orijini arasındaki mesafe ise minimum 46 mm, maksimum 78 mm ve ortalama 56,68 $\pm$ 7,683mm'dir (Tablo 4.4).

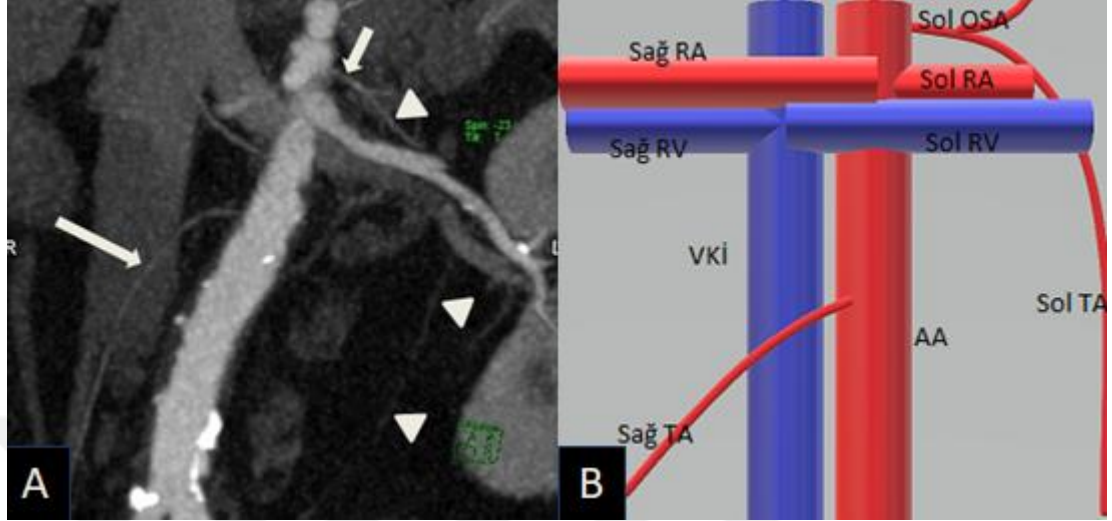


Resim 4.2. Ölçüm tekniği (MIP görüntü). Ok: testiküler arter. Renal arter inferior marjini-testiküler arter arası mesafe ve testiküler arter-aortik bifürkasyon arası mesafe

	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Deviasyon
Testiküler Arter çapı (mm)	821	1,5	5,3	2,4	0,3
Tip 1 Aortik bifürkasyon-TA arası mesafe (mm)	20	96	130	110,65	7,590
Tip 1 TA-RA arası mesafe (mm)	20	8	44	12,80	7,951
Tip 2 Aortik bifürkasyon-TA arası mesafe (mm)	74	67	130	99,61	12,336
Tip 4 Aortik bifürkasyon-TA arası mesafe (mm)	599	37	125	71,45	14,968
Tip 4 TA-RA arası mesafe (mm)	599	2	50	25,70	11,604
Tip 5 Aortik bifürkasyon-TA arası mesafe (mm)	38	29	71	45,47	10,423
Tip 5 TA-RA arası mesafe (mm)	38	46	78	56,68	7,683

Tablo 4.4. Ölçümler. Testiküler arter çapı, Tip 4 için aortik bifürkasyon-TA ve TA -RA, Tip 1 için 4 için aortik bifürkasyon-TA ve TA-RA, Tip 5 için 4 için aortik bifürkasyon-TA ve TA-RA, Tip 2 için 4 için aortik bifürkasyon-TA arası mesafelerin minimum, maksimum ve ortalama mm cinsinden değerleri ile standart sapmalarının tabloda gösterimi (TA: Testiküler Arter, RA: Renal Arter)

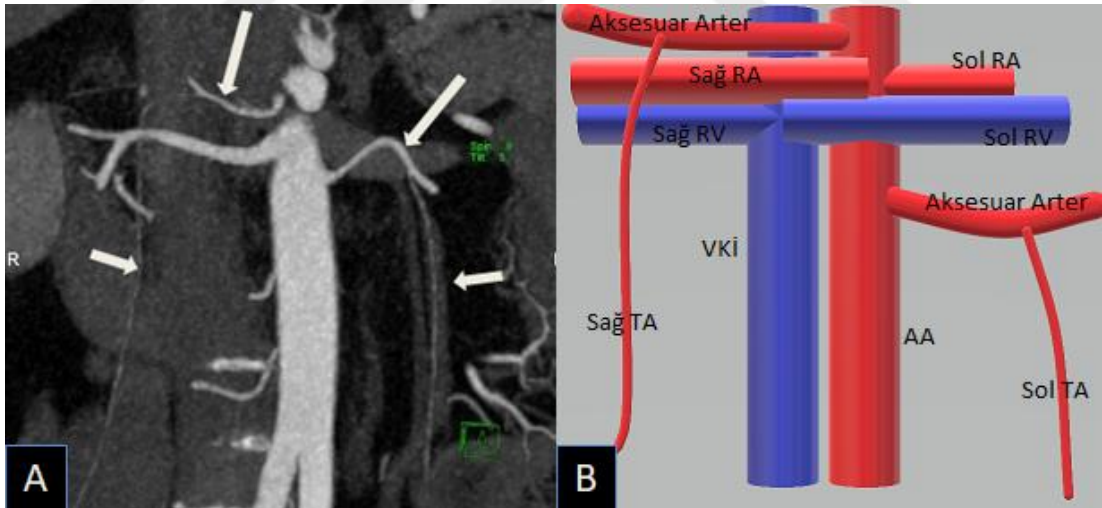
4.4. Hastalarımızdan Örnekler



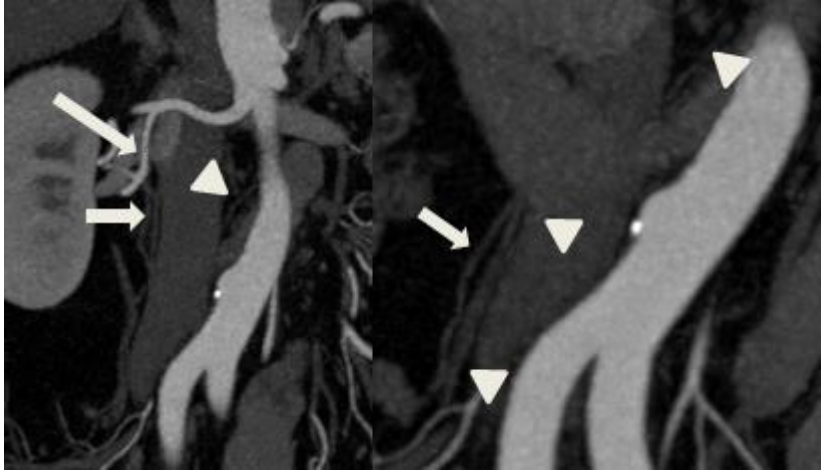
Resim 4.3. Orta suprarenal arter orijinli testiküler arter (Tip 3a). Sağda Tip 4 orijine sahip testiküler arter, solda ise orta suprarenal arter orijinli testiküler arter izleniyor. A. MİP görüntü. B. Şematik çizim. Uzun ok: Sağ testiküler arter. Kısa ok: Orta suprarenal arter. Ok başları: Sol testiküler arter. RA: Renal Arter, RV: Renal Ven, TA: Testiküler Arter, VKİ: Vena Kava İnférieur, AA: Abdominal Aorta, OSA: Orta Suprarenal Arter



Resim 4.4. Aksesuar renal arter orijinli testiküler arterler (Tip 3a). Farklı hastalarda MİP görüntülerde aksesuar renal arter orijinli sol ve sağ testiküler arterler izleniyor (Tip 3a). Kısa oklar: sol ve sağ testiküler arterler. Uzun oklar: Aksesuar renal arterler



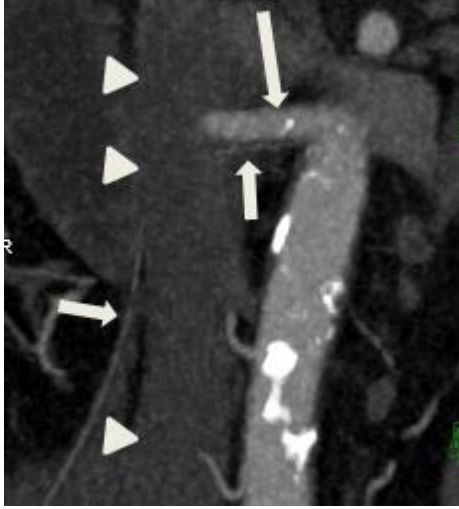
Resim 4.5. Bilateral aksesuar renal arter orijinli testiküler arter (Tip 3a). Bilateral aksesuar renal arterden orijin alan testiküler arterler izleniyor. A. MİP görüntü. B. Şematik çizim. Kısa oklar: Sağ ve sol testiküler arterler. Uzun oklar: Aksesuar renal arterler. (RA: Renal Arter, RV: Renal Ven, TA: Testiküler Arter, VKİ: Vena Kava Inferior, AA: Abdominal Aorta, Aksesuar arter: Aksesuar Renal Arter)



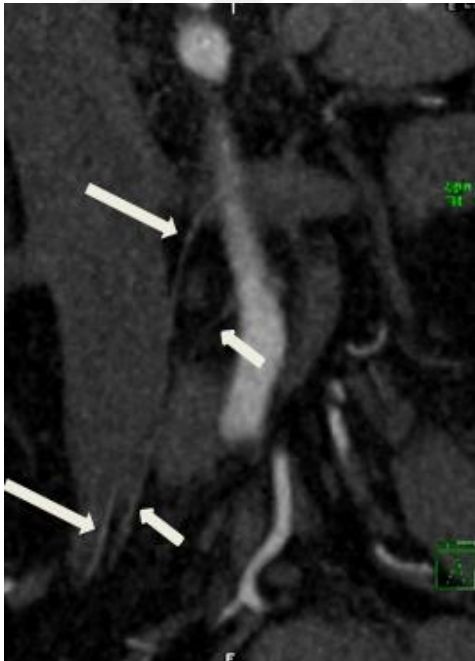
Resim 4.6. Sağda farklı orijinli çift testiküler arter (Tip 3a ve 4c). Aynı hastanın farklı MİP görüntülerinde sağda segmenter renal arter ve aortadan köken alan iki testiküler arter izleniyor. Ayrıca aortadan köken alan testiküler arter vena kava inferiorun posteriorundan seyir gösteriyor. Kısa oklar: Segmenter renal arterden köken alan sağ testiküler arter. Uzun ok: Segmenter renal arter. Ok başları: Aortadan köken alan sağ testiküler arter



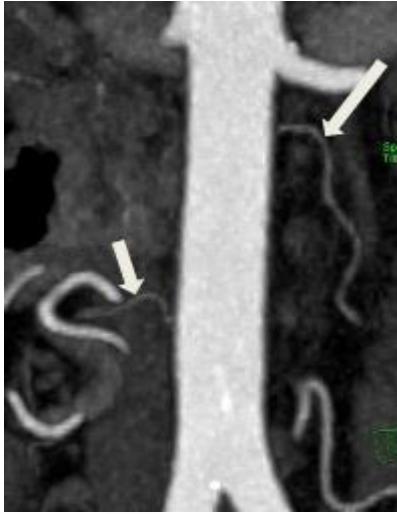
Resim 4.7. Sağda renal pedikül üzerinden ark yapan testiküler arter (Tip 4c). MİP görüntüde sağda renal pedikül üzerinde ark yapan testiküler arter (Tip 4c), solda ise normal orijin ve seyirde testiküler arter (Tip 4a) izleniyor. Kısa oklar: Sağ ve sol testiküler arterler. Uzun ok: Sağ renal arter. Ok başı: Sağ renal ven



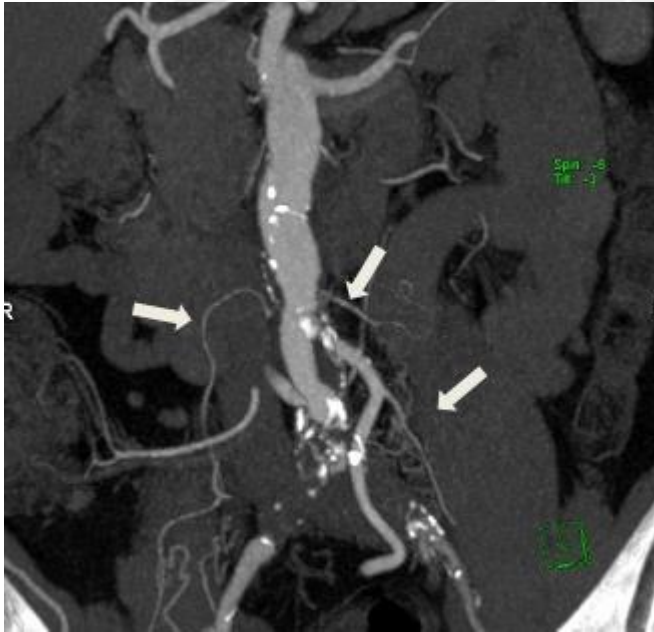
Resim 4.8. Renal arter orijini seviyesinden, aortadan köken alan testiküler arter (Tip 2b). MİP görüntüde sağda hemen renal arter seviyesinde, aortadan köken alan ve inferior vena kava posteriorundan seyir gösteren sağ testiküler arter izleniyor. Ayrıca solda aortadan orijin alan testiküler arter de görüntüye dahil. Kısa oklar: Sağ testiküler arter. Uzun ok: Sağ renal arter. Ok başları: Vena kava inferior



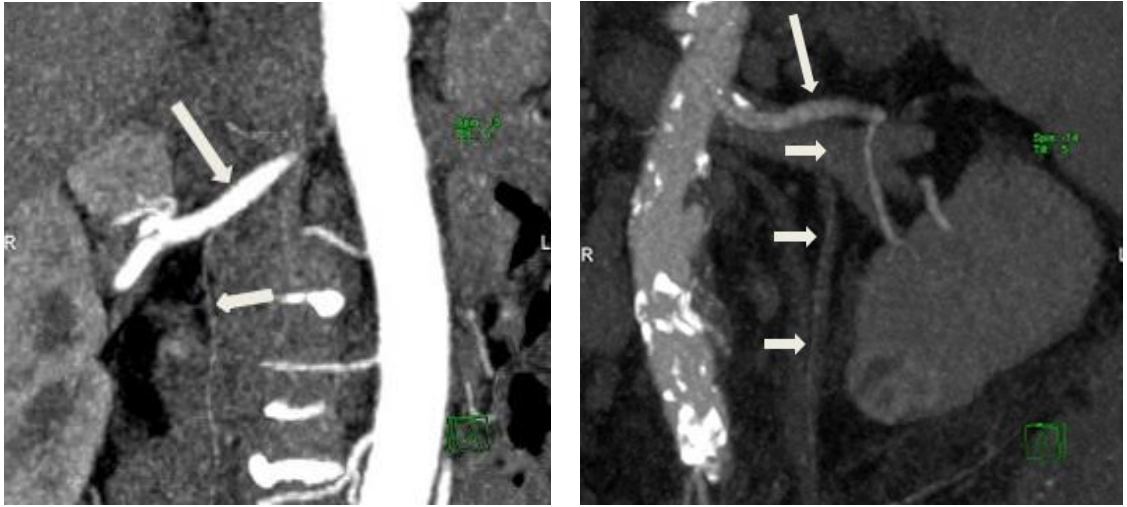
Resim 4.9. Sağda çift testiküler arter. MİP görüntüde sağda aortadan orijin alan çift testiküler arter izleniyor. Kısa oklar: Medialdeki sağ testiküler arter. Uzun oklar: Lateraldeki sağ testiküler arter



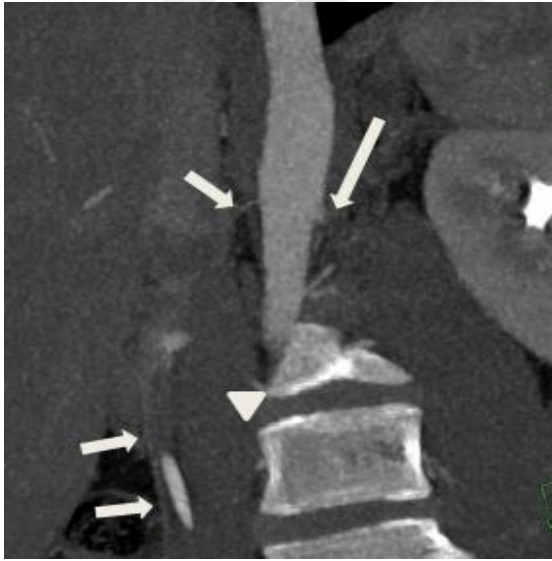
Resim 4.10. Alçak ve normal yerleşimli aortadan köken alan testiküler arterler (Tip 5a ve 4a). MİP görüntüde sağda normalden alçak yerleşimli ve solda normal yerleşimli aortadan köken alan testiküler arterler izleniyor. Kısa ok: Sağ testiküler arter. Uzun ok: Sol testiküler arter



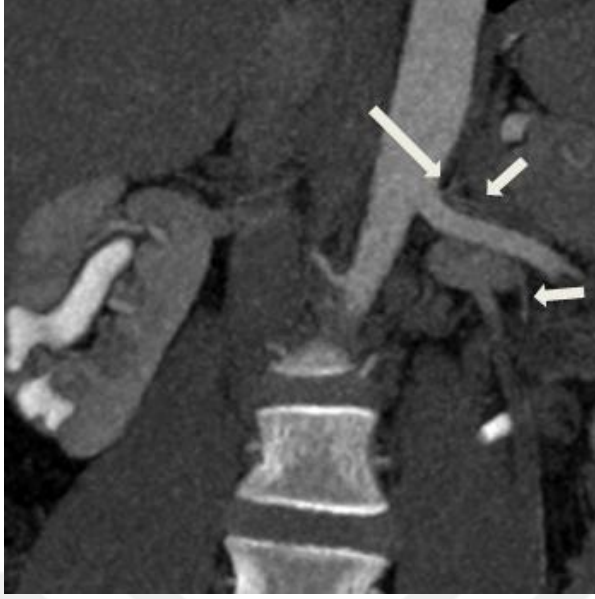
Resim 4.11. Bilateral alçak yerleşimli testiküler arter (Tip 5a). MİP görüntülerde bilateral alçak yerleşimli (Tip 5) testiküler arterler, ayrıca bilateral ilyak arterlerde oklüzyon ve testiküler arterlerin de katkı sağladığı kollateral dolaşım izleniyor. Oklar: Sağ ve sol testiküler arterler



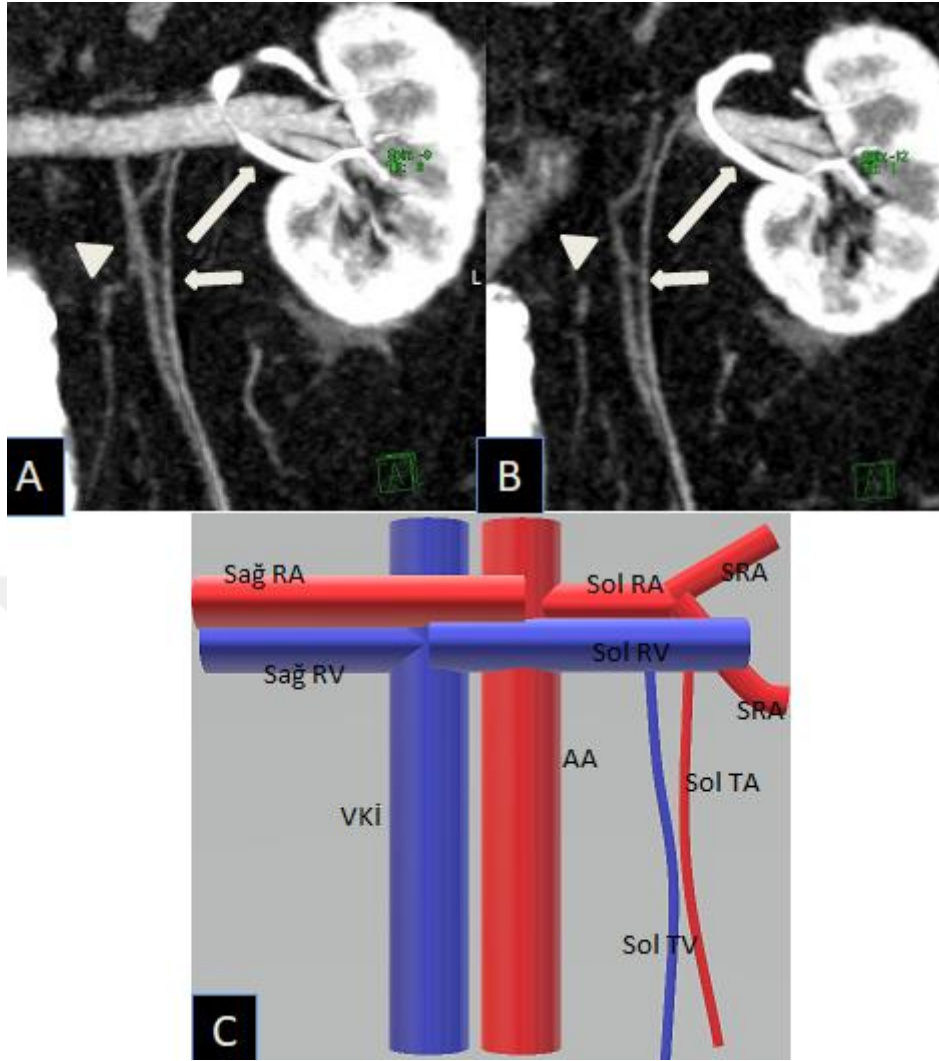
Resim 4.12. Renal arter orijinli testiküler arterler (Tip 3a). İki ayrı hastada MİP görüntülerde sağda ve solda renal arter orijinli testiküler arterler izleniyor. Kısa oklar: Sağ ve sol testiküler arterler. Uzun oklar: Sağ ve sol renal arterler



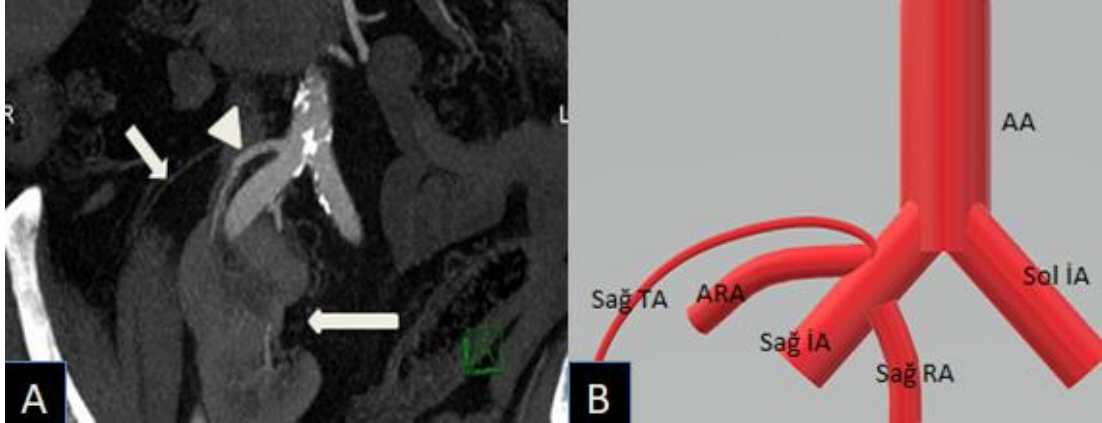
Resim 4.13. Yüksek orijinli testiküler arter (Tip 1b). MİP görüntülerde sağda renal arter seviyesinin superiorundan köken alan (sağ renal arter MİP görüntüde görüntüye dahil değil) ve vena kava posteriorundan seyir gösteren sağ testiküler arter izleniyor. Kısa oklar: Sağ testiküler arter. Uzun ok: Sol renal arter. Ok başı: Vena kava inferior



Resim 4.14. Orta suprarenal arter orijinli testiküler arter (Tip 3a). MIP görüntülerde solda sol renal arterin hemen superiorundan, orta suprarenal arterden köken alan, normal seyir gösteren testiküler arter izleniyor. Kısa oklar: Sol testiküler arter. Uzun ok: Orta suprarenal arter



Resim 4.15. Segmenter renal arter orijinli testiküler arter (Tip 3a). Aynı hastanın farklı MİP görüntülerinde segmenter renal arterden köken alan sol testiküler arter ve artere eşlik eden testiküler ven izleniyor. A ve B: Aynı hastanın farklı MİP görüntüleri. C: Şematik çizim. Kısa oklar: Sol testiküler arter. Uzun oklar: Segmenter renal arter. Ok başı: Testiküler ven. RA: Renal Arter, RV: Renal Ven, TA: Testiküler Arter, VKİ: Vena Kava İnferior, AA: Abdominal Aorta, TV: Testiküler Ven, SRA: Segmenter Renal Arter



Resim 4.16. Sağ ana ilyak arterden köken alan testiküler arter. A. MİP görüntü. B. Şematik çizim. Sağda pelvik böbrek ile sağ ana ilyak arterden köken alan renal arterler izleniyor. Aksesuar renal artere paralel seyreden testiküler arter de segmenter renal arter seviyesinde sağ ana ilyak arterden köken alıyor (orijin resimde gösterilmiyor). Kısa ok: Sağ testiküler arter. Uzun ok: Pelvik böbrek. Ok başı: Pelvik böbreği besleyen aksesuar renal arter. RA: Renal Arter, TA: Testiküler Arter, AA: Abdominal Aorta, İA: İlyak Arter, ARA: Aksesuar Renal Arter

5. TARTIŞMA

Vasküler yapıların görüntülenmesinde konvansiyonel anjografi altın standarttır. Ancak günümüzde ÇKBT teknolojisi sayesinde ulaşılan çekim hızları, yüksek uzaysal rezolüsyon ile ÇKBT Anjiografi uygulamalarında düşük miktarda kontrast madde ile non-invaziv olarak vasküler yapıların değerlendirmesi mümkün olmaktadır.

Testiküler arterler testis fizyolojisinin önemli bir parçasıdır. Testise kan akımının bozulması testiküler fonksiyon bozukluğu ya da testiküler atrofiye neden olabilir. Akut olarak kan akımının durması ise enfarkta yol açabilir. Literatürde böbrekte tümöral embolizasyon sonrası ve endovasküler anevrizma tedavisi sonrası testiküler kan akımının bozulmasına sekonder testiküler enfarkt vakaları vardır [6, 9, 41].

Tümöral embolizasyon gibi diğer vasküler girişimsel işlemlerde de testiküler arter anatomisinin bilinmesi önem taşır. Testiküler arter kaynaklı kanamaların

durdurulması ya da yine gonadal arterlerde bulunan anevrizma-psödo-anevrizmaların endovasküler yolla tedavilerinde girişimsel radyoloji işlemlerinde de testiküler-gonadal arterlerin orijinlerinin bilinmesi işlemlerin başarıyla gerçekleştirilmesinde önem taşır [5, 7].

Ayrıca bazı hastalıkların etyolojisinin belirlenmesi için de testiküler arter anatomisinin bilinmesi önem taşımaktadır. Solda testiküler arterin renal ven üzerinden ark yapması varikosel etyolojisinde rol oynayabilir [38, 39].

Cerrahi işlemlerde özellikle renal (canlı donör nefrektomisi ya da başka nedenlerle parsiyel ya da total nefrektomi ameliyatları), sürrenal, testis cerrahilerinde ve retroperitoneal diğer cerrahilerde renal arter-ven üzerinden ark yapan; aortadan, normal anatomik lokasyon dışından ya da orta suprarenal, renal, aksesuar renal ya da segmenter renal arterlerden köken alan TA'ların cerrahi öncesi belirlenmesi komplikasyonların önlenmesine yardımcı olacaktır [37].

Günümüzde BT anjiyografi; koroner arterlerin, baş-boyun damarlarının, pulmoner damarların, aortanın, mezenterik vasküler yapıların, renal arterlerin ya da ekstremiteler arterlerinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılan yerleşik bir görüntüleme yöntemidir. Testiküler arterlerin BT anjiyografi ile değerlendirilmesi rutin bir uygulama değildir.

Biz çalışmamızda BT anjiyografi tetkikinin testiküler arter değerlendirilmesi için uygun bir yöntem olup olmadığını ve TA'ların morfolojik özelliklerini değerlendirdik.

Bugüne kadar bilginiz dahilinde BT Anjiyografi ile TA değerlendirmesine yönelik çalışma yapılmamıştır. İncelediğimiz 732 hastanın 400'ünde (% 55) BT anjiyografi görüntüleri bilateral testiküler arterlerin morfolojisinin değerlendirilmesi açısından tanışal olarak değerlendirilmiştir.

Testiküler arterlerde ateroskleroz sıklığı da bugüne kadar bilginiz dahilinde çalışılmış bir konu değildir. Damarlarda aterosklerozun uzun süreçte beslediği organa kan akımını bozarak organ fonksiyonlarını etkilediği ve atrofiye neden olduğu bilinmektedir. Testiküler arterlerde aterosklerozun da; testislere kan akımını bozarak ya da oklüzyona neden olarak testiküler atrofiye ya da testiküler fonksiyon

bozukluğuna yol açabileceği düşünölebilir. Bu konuda henüz yapılmış çalışma yoktur. Gelecekte bu konuda çalışmalar yapılabilir. Biz alışmamızda testiköler arterlerin aterosklerotik tutulumunun olup olmadığını değerlendirdik. 400 hastanın 21'inde (%5,1) bilateral aterosklerotik tutulum vardı. Ateroskleroz görölen tüm hastalarda aorta ve ana dallarında ağır ateroskleroz bulguları vardı ve testiköler arterlerin tutulumu daha ziyade kalsifik aterosklerotik tutulumdu. Testiköler arterler ortalama çapı 2,5 mm olan ince ve uzun arterlerdir. Damar lümeni ise daha da küçük olduğundan olası yumuşak plaklar net olarak değerlendirilememiş olabilir. Çalışmadaki hasta popölasyonunda aorta ve ana dallarında aterosklerotik tutulumun sık olması nedeniyle testiköler arterlerdeki % 5,1'lik aterosklerotik tutulum oranı her ne kadar yumuşak plak değerlendirmesi net olarak yapılamasa da testiköler arterlerin aterosklerozdan nispi olarak korunduğunu gösterebilir.

Testiköler arter çapı ortalaması $2,5 \pm 0,3$ mm olarak bulunmuştur. TA orijinin RA inferior marjinine uzaklığı ve TA orijininin aortik biförkasyona uzaklığı öölölmüştür. Tip 1, 2, 4 ve 5 için ayrı ayrı öölömler yapılmıştır. Diğer çalışmalarda sınıflandırma yapılmadan öölömler yapıldığından karşılaştırma yapılamamıştır. Normal orijinli olan testiköler arterlerde (Tip 4) yapılan öölömlerde TA orijini-aortik biförkasyon arasındaki mesafe minimum 37 mm, maksimum 125 mm ve ortalama $71,45 \pm 14,968$ mm'dir. Renal arter orijini inferior sınırı-TA orijini arasındaki mesafe ise minimum 2 mm, maksimum 50 mm ve ortalama $25,70 \pm 11,604$ mm'dir. Kotian ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada TA-RA arasındaki mesafe sağda 3,08 cm, solda ise 3,47 cm olarak bulunmuştur [31]. Birçok çalışmada öölömler yapılmamıştır.

Bugüne kadar testiköler arter orijin ve seyirlerini değerlendiren kısıtlı sayıda vaka ile kadavra çalışmaları yapılmıştır.

Çalışmamızda incelenen sağ ve sol olmak üzere toplam 800 tarafın 777'sinde (% 97) tek TA, 22'sinde (% 2,75) ift TA izlendi. 1'inde (% 0,25) ise TA izlenmedi. 2 (% 0,5) hastada bilateral ift TA vardı. iekcibaşı ve arkadaşları inceledikleri 90 fetusta (sağ ve sol taraf olarak toplam 180 taraf) 3 hastada tek taraflı çift gonadal arter tespit etmiştir (% 1,5) [34]. Pai ve arkadaşlarının çalışmasında 34 kadavrada (68 taraf) 1 hastada sağda çift testiköler arter izlenmiştir (% 1,5). Bilateral ift testiköler

arter sıklığı veren çalışma olmamakla birlikte vaka bildirimleri vardır [3, 42, 43]. Bizim çalışmamızda çift TA oranı; 2 hastada (% 0,5) bilateral çift olmak üzere toplam 22 tarafta % 2,75'tir. Bizim çalışmamızda oranın yüksek olması çalışma popülasyonunun diğer çalışmalara oranla daha büyük olmasından kaynaklanıyor olabilir.

İncelenen toplam 821 TA'da orijine göre sınıflandırmada; 20 (% 2,4) Tip 1, 74 (% 9) Tip 2, 88 (% 10,7) Tip 3, 599 (% 73) Tip 4 ve 38 (% 4,6) Tip 5 orijin izlendi. 88 Tip 3 TA'nın 40 'ı (% 4,9) aksesuar renal arter orijinli, 29'u (% 3,5) renal arter orijinli, 11'ii (% 1,3) orta suprarenal arter orijinli ve 8'i (% 1) segmenter renal arter orijinlidir. 2 (% 0,2) TA'da bir TA orijini sağ ilyak arter olduğundan (hasta aynı zamanda pelvik böbrek ve böbreği besleyen ilyak arter kökenli renal arterlere sahipti) nadir varyant kabul edildiğinden, bir TA'da ise pelvik böbrekler nedeniyle renal arter orijinlerinin normalden inferiorda olması nedeniyle sınıflandırmaya dahil edilmedi. Yine toplam 821 TA'nın seyre göre sınıflandırılmasında; 651 (% 79,3) TA Tip a, 66 (% 8) TA Tip b, 9 (%1,1) TA Tip bc ve 93 (% 11,3) TA Tip c seyir izlendi. 2 (% 0,5) TA ise sınıflandırmaya dahil edilmedi.

En en sık izlenen tipler; 532 (% 64,8) ile Tip 4a, 61 (% 7,4) ile Tip 3a, 40 (% 4,9) ile Tip 2c, 38 (% 4,6) ile Tip 5a, 34 (% 4,1) ile Tip 4b ve 30 (% 3,7) ile Tip 4c'dir.

Testiküler arterlerin ilk sınıflandırmalardan biri Notkovich ve arkadaşları tarafından gonadal arterlerin renal pedikül ile ilişkisine göre yapılmıştır. Bu sınıflandırmada üç tip mevcuttur. Tip 1: Gonadal arter (GA) renal venle ilişki kurmaksızın inferiora ilerler. Tip 2: GA renal venden daha yüksek bir seviyeden köken alır ve renal veni önden çaprazlayarak inferiora iner. Tip 3: GA renal venden daha alçak bir seviyeden köken alır ve renal ven çevresinde ark yaptıktan sonra inferiora iner. Bu çalışmada sadece aorta kökenli gonadal arterler incelenmiş olup sadece renal ven ile ilişkileri değerlendirilmiştir.

Çicekcibaşı ve arkadaşları 90 fetus ile (180 taraf) yaptıkları çalışmada orijine göre gonadal arterlerde 16 tarafta (% 8,8) varyasyon tespit etmiş ve 4 sınıfa ayırmışlardır: 1. Suprarenal arter kökenli GA (4 taraf-% 2,2). 2. Renal arter kökenli GA (5 taraf-% 2,7). 3. Abdominal aortadan yüksek çıkışlı GA (4 taraf-% 2,2). 4. Çift GA

(3 taraf-% 1,5) [34]. Yapılan bu sınıflandırma bizim çalışmamızdaki tüm varyasyonları kapsamamaktadır. Bizim çalışmamızda Tip 1 (yüksek yerleşimli) ve Tip 3 (renal, suprarenal, aksesuar renal ve segmenter renal arter orijinli) orijinli TA oranları toplam % 13, 7'dir ve bu çalışmaya göre yüksektir.

Kotian ve arkadaşları 40 kadavra (80 taraf) ile yaptığı çalışmada orijine göre TA'ları 4'e ayırmıştır. Tip 1: Renal arterlerin (RA) biraz inferiorundan, AA'dan köken alan TA-normal patern (36 sağ, 22 sol olmak üzere toplam 58 tane-% 72,5). Tip 2: RA superiorundan, AA'dan köken alan TA (solda 6 tane-% 7,7). Tip 3: RA'dan köken alan TA (solda 4 tane-% 5). Tip 4: İnferior mezenterik arter seviyesinden AA'dan köken alan TA (sağda 4, solda 8 olmak üzere toplam 12 tane-%15) [40]. Bizim çalışmamızla karşılaştırıldığında normal patern olarak kabul edilen Tip 4 oranı bizim çalışmamızda % 73'tür ve bu çalışma ile benzerdir. Yapılan sınıflandırma benzer olmakla birlikte bizim çalışmamızda RA seviyesinden çıkan ve Tip 2 olarak sınıfladığımız 74 hasta (% 9) bulunmaktadır.

Asala ve arkadaşlarının 150 kadavra (300 taraf) ile yaptığı çalışmada herhangi bir sınıflandırma yapılmamış ve sağda 7 hastada (sağda % 4,7; sol ve sağ birlikte değerlendirildiğinde % 2,3) yüksek yerleşimli TA ve renal arter orijini olmak üzere TA varyasyonu izlenmiştir [31]. Bu oran çalışmamızla karşılaştırıldığında çok düşüktür.

Pai ve arkadaşlarının 34 kadavra (68 taraf) ile yaptığı çalışmada ise inferior polar renal, renal arter ve yüksek yerleşimde AA orijinli olmak üzere 10 tarafta (% 15) varyasyon izlenmiştir [44]. Yine bu çalışmadaki oranlar da çalışmamızla uyumlu değildir. Bizim Tip 5 olarak tanımladığımız aortik bifürkasyona daha yakın ya da RA orijininin 5 cm'den daha inferiordan AA'dan köken alan TA'lar varyant olarak kabul edilmemiş olabilir.

Shoja ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada 50 gönüllü renal transplant donörünün (100 taraf) konvansiyonel anjiyografi görüntüleri retrospektif olarak incelenmiştir. Sadece renal arter ya da aksesuar renal arter orijinli TA'lar belirlenmiştir. 14 (% 14) tarafta (11 sağ-3 sol) gonadal arter RA ya da aksesuar renal arter orijinli olarak izlenmiştir (9 aksesuar RA, 5 RA kökenli) [8]. Bizim çalışmamızda Tip 3 TA (orta suprarenal, renal, aksesuar renal ya da segmenter renal arter kökenli

TA) oranı % 10,7'dir, özel olarak renal, aksesuar renal ve segmenter renal arter orijini olan TA'ların oranları sırasıyla % 4,9, % 3,5 ve % 1'dir. Oran toplam % 9,4'tür ve bu çalışmadan daha düşüktür.

5.1. Çalışmanın Limitasyonları

Çalışmamız retrospektif bir çalışmadır. Hastanemiz 3. Basamak bir referans merkezi olduğundan çalışmanın yapıldığı popülasyon genellikle ek hastalığı olan yatan hasta grubudur. Hastaların intra-retroperitoneal kanama, yaygın intraabdominal sıvı, yaygın intraabdominal lenfadenopatiler ve maligniteler, yaygın aterosklerotik hastalık, kardiyovasküler sistem bozuklukları, şok gibi patolojileri bulunduğu; tanısal kalite tetkik amacına yönelik uygun olsa da, tetkik elde edimi sırasında primer amaç olmayan, milimetrik bir arter olan testiküler arter değerlendirmesi için % 55 hastada çekim uygun bulunmuştur. Bu oran endikasyona uygun hasta seçimi ve kesit kalınlığını düşürme gibi tetkik modifikasyonlarıyla artırılabilir.

Ayrıca tanısal kalitede olmadığı değerlendirilen BT anjiyografi tetkiklerinde lomber arterler gibi milimetrik arter orijinleri çözünürlüğün yeterli olmaması nedeniyle tespit edilememiş olabilir.

6. SONUÇ

Abdominal BT Anjiyografi tetkiki seçilmiş hastalarda, tetkik modifikasyonlarıyla testiküler arterlerin morfolojik özelliklerini değerlendirmek amacıyla kullanılabilir. Çalışmamızda yeni bir sınıflandırma sistemi oluşturarak testiküler arterlerin orijin ve seyir özelliklerini özellikle retroperitoneal cerrahiler ve girişimsel işlemlere ışık tutmasını sağlamak amacıyla gruplandırma yaptık. Daha çok klinik perspektifle yapılan bu çalışma özellikle cerrahi ve girişimsel radyolojik işlemlerde kolaylıklar sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Kayalvizhi, I., R.K. Narayan, and P. Kumar, *Anatomical variations of testicular artery: a review*. Folia Morphol (Warsz), 2017.
2. H, M., et al., *A Cadaveric Study about the Anomalous Origin of Testicular Arteries Arising from the Accessory Renal Arteries*. Indian J Surg, 2015. **77**(2): p. 111-6.
3. Filipovic, B., L. Stijak, and B. Filipovic, *An unusual origin of the double left testicular artery in a male cadaver: a case report*. J Med Case Rep, 2012. **6**: p. 267.
4. Nayak, S.R., et al., *Multiple anomalies involving testicular and suprarenal arteries: embryological basis and clinical significance*. Rom J Morphol Embryol, 2007. **48**(2): p. 155-9.
5. Ingram, M.D., et al., *Testicular artery embolization for the treatment of life-threatening hemorrhage postorchidectomy*. Cardiovasc Intervent Radiol, 2009. **32**(2): p. 381-4.
6. McKenna, A.J., et al., *Testicular infarction: a rare complication of endovascular aneurysm repair treatment for aortoiliac aneurysm*. J Vasc Surg, 2009. **50**(6): p. 1487-9.
7. Garcia-Alva, R., et al., *Successful Embolization of a Ruptured Ovarian Artery Aneurysm in a Postmenopausal Woman: Case Report and Literature Review of Gonadal Artery Aneurysms*. Vasc Endovascular Surg, 2018. **52**(2): p. 159-163.
8. Shoja, M.M., et al., *Origins of the gonadal artery: embryologic implications*. Clin Anat, 2007. **20**(4): p. 428-32.
9. Cummings, C.T., et al., *Testicular infarction after angioembolization of an ipsilateral renal angiomyolipoma*. Urology, 2013. **82**(5): p. 995-7.
10. Liu, P.S. and J.F. Platt, *CT angiography in the abdomen: a pictorial review and update*. Abdom Imaging, 2014. **39**(1): p. 196-214.
11. Rubin, G.D., *MDCT imaging of the aorta and peripheral vessels*. Eur J Radiol, 2003. **45 Suppl 1**: p. S42-9.
12. Kumamaru, K.K., et al., *CT angiography: current technology and clinical use*. Radiol Clin North Am, 2010. **48**(2): p. 213-35, vii.
13. Oyar, O. and U. Gülsoy, *Tıbbi Görüntüleme Fiziği*, in *Tıbbi Görüntüleme Fiziği*, O. Oyar, Editor. 2003, SDÜ Tıp Fakültesi: Isparta. p. 167-231.
14. Tuncel, E., *Klinik Radyoloji*. Klinik Radyoloji. 2002, Bursa: Nobel-Güneş Tıp Kitap Evi.
15. Goldman, L.W., *Principles of CT and CT technology*. J Nucl Med Technol, 2007. **35**(3): p. 115-28; quiz 129-30.
16. Karabulut, N., *Helikal BT, ÇKBT ve Elektron Demeti BT*, in *Temel Radyoloji Fiziği*, N. Yünter, Editor. 2005, TRD: İzmir.
17. Obuz, F., *BT'de görüntü kalitesini belirleyen özellikler*, in *Temel Radyoloji Fiziği*, N. Yünter, Editor. 2005, TRD: İzmir.
18. Fleischmann, D., *CT angiography: injection and acquisition technique*. Radiol Clin North Am, 2010. **48**(2): p. 237-47, vii.
19. Mayo-Smith, W.W., et al., *How I do it: managing radiation dose in CT*. Radiology, 2014. **273**(3): p. 657-72.
20. Padole, A., et al., *CT radiation dose and iterative reconstruction techniques*. AJR Am J Roentgenol, 2015. **204**(4): p. W384-92.
21. Patino, M., et al., *Iterative Reconstruction Techniques in Abdominopelvic CT: Technical Concepts and Clinical Implementation*. AJR Am J Roentgenol, 2015. **205**(1): p. W19-31.

22. Kalender, W.A., et al., *Spiral volumetric CT with single-breath-hold technique, continuous transport, and continuous scanner rotation*. Radiology, 1990. **176**(1): p. 181-3.
23. Sun, Z., G.H. Choo, and K.H. Ng, *Coronary CT angiography: current status and continuing challenges*. Br J Radiol, 2012. **85**(1013): p. 495-510.
24. Rubin, G.D., et al., *Three-dimensional spiral CT angiography of the abdomen: initial clinical experience*. Radiology, 1993. **186**(1): p. 147-52.
25. Lee, E.Y., P.M. Boiselle, and R.C. Shamberger, *Multidetector computed tomography and 3-dimensional imaging: preoperative evaluation of thoracic vascular and tracheobronchial anomalies and abnormalities in pediatric patients*. J Pediatr Surg, 2010. **45**(4): p. 811-21.
26. Marin, D., et al., *State of the art: dual-energy CT of the abdomen*. Radiology, 2014. **271**(2): p. 327-42.
27. Krauss, B., *Dual-Energy Computed Tomography: Technology and Challenges*. Radiol Clin North Am, 2018. **56**(4): p. 497-506.
28. McCollough, C.H., et al., *Dual- and Multi-Energy CT: Principles, Technical Approaches, and Clinical Applications*. Radiology, 2015. **276**(3): p. 637-53.
29. Burrill, J., et al., *Multidetector computed tomographic angiography of the cardiovascular system*. Postgraduate Medical Journal, 2007. **83**(985): p. 698-704.
30. Kumamaru, K.K., et al., *CT Angiography: Current Technology and Clinical Use*. Radiologic clinics of North America, 2010. **48**(2): p. 213-235.
31. Asala, S., et al., *Anatomical variations in the human testicular blood vessels*. Ann Anat, 2001. **183**(6): p. 545-9.
32. Felix, W., *Mesonephric arteries (aa. mesonephricae)*, in *Manual of Human Embryology*, K. F and M. FP, Editors. 1912, Lippincott: Philadelphia. p. 820-825.
33. Xue, H.G., et al., *Duplicate testicular veins accompanied by anomalies of the testicular arteries*. Ann Anat, 2005. **187**(4): p. 393-8.
34. Cicekcibasi, A.E., et al., *The origin of gonadal arteries in human fetuses: anatomical variations*. Ann Anat, 2002. **184**(3): p. 275-9.
35. Mostafa, T., et al., *Human testicular arterial supply: gross anatomy, corrosion cast, and radiologic study*. Fertil Steril, 2008. **90**(6): p. 2226-30.
36. Diwan, Y., et al., *Bilateral Variations of the Testicular Vessels: Embryological Background and Clinical Implications*. Journal of Basic and Clinical Reproductive Sciences, 2013. **2**(1).
37. Petru, B., et al., *The morphology and the surgical importance of the gonadal arteries originating from the renal artery*. Surg Radiol Anat, 2007. **29**(5): p. 367-71.
38. Notkovich, H., *Testicular artery arching over renal vein: clinical and pathological considerations with special reference to varicocele*. Br J Urol, 1955. **27**(3): p. 267-71.
39. Naito, M., et al., *Left testicular artery arching over the ipsilateral renal vein*. Asian J Androl, 2006. **8**(1): p. 107-10.
40. Kotian, S.R., et al., *A cadaveric study of the testicular artery and its clinical significance*. J Vasc Bras, 2016. **15**(4): p. 280-286.
41. Siniluoto, T.M., et al., *Testicular infarction following ethanol embolization of a renal neoplasm*. Cardiovasc Intervent Radiol, 1988. **11**(3): p. 162-4.
42. Paraskevas, G.K., et al., *Bilateral double testicular arteries: a case report and review of the literature. Potential embryological and surgical considerations*. Folia Morphol (Warsz), 2014. **73**(3): p. 383-8.
43. Kayalvizhi, I., B. Monisha, and D. Usha, *Accessory left testicular artery in association with double renal vessels: a rare anomaly*. Folia Morphol (Warsz), 2011. **70**(4): p. 309-11.

44. Pai, M.M., et al., *A cadaveric study of the testicular artery in the South Indian population*. Singapore Med J, 2008. **49**(7): p. 551-5.



Araştırma Projesi Değerlendirme Raporu:



T.C.
HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu

Sayı : 16969557-526

Konu :

ARAŞTIRMA PROJESİ DEĞERLENDİRME RAPORU

Toplantı Tarihi : 20 MART 2018 SALI
Toplantı No : 2018/08
Proje No : GO 18/306 (Değerlendirme Tarihi: 20.03.2018)
Karar No : GO 18/306-38

Üniversitemiz Tıp Fakültesi Radyoloji Anabilim Dalı öğretim üyelerinden Doç. Dr. Ali Devrim KARAOSMANOĞLU' nun sorumlu araştırmacı olduğu ve Dr. Şerife BALCI' nın uzmanlık tezi olan, GO 18/306 kayıt numaralı, "*Testiküler Arterlerin Morfolojik Özelliklerinin Çok Kesitli BT Anjiyografi ile Değerlendirilmesi*" başlıklı proje önerisi araştırmanın gerekçe, amaç, yaklaşım ve yöntemleri dikkate alınarak incelenmiş olup, etik açıdan uygun bulunmuştur.

- | | | | |
|-----------------------------------|----------|---------------------------------|-------|
| 1. Prof. Dr. Nurten AKARSU | (Başkan) | 10 Doç. Dr. Gözde GİRGIN | (Üye) |
| 2. Prof. Dr. Sevda F. MÜFTÜOĞLU | (Üye) | İZİNLİ | |
| 3. Prof. Dr. M. Yıldırım SARA | (Üye) | 11 Doç. Dr. Fatma Visal OKUR | (Üye) |
| 4. Prof. Dr. Necdet SAĞLAM | (Üye) | İZİNLİ | |
| 5. Prof. Dr. Hatice Doğan BUZOĞLU | (Üye) | 12. Doç. Dr. Can Ebru KURT | (Üye) |
| 6. Prof. Dr. R. Köksal ÖZGÜL | (Üye) | 13. Doç. Dr. H. Hüsrev TURNAGÖL | (Üye) |
| 7. Prof. Dr. Ayşe Lale DOĞAN | (Üye) | 14. Yrd. Doç. Dr. Özay GÖKÖZ | (Üye) |
| 8. Prof. Dr. Mintaze Kerem GÜNEL | (Üye) | 15. Yrd. Doç. Dr. Müge DEMİR | (Üye) |
| 9. Prof. Dr. Oya Nuran EMİROĞLU | (Üye) | 16. Öğr.Gör.Dr. Meltem ŞENGELN | (Üye) |
| | | 17. Av. Meltem ONURLU | (Üye) |

Hacettepe Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu
 06100 Sıhhiye-Ankara
 Telefon: 0 (312) 305 1082 • Faks: 0 (312) 310 0580 • E-posta: goetik@hacettepe.edu.tr

Ayrıntılı Bilgi için: