



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

**PENETRAN VE KÜNT TRAVMALARA BAĞLI
DİYAFRAGMA YARALANMALARINDA
MULTİDEDEKTÖR BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ
BULGULARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dr. MEHMET TURMAK
TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. CİHAN AKGÜL ÖZMEN**

DİYARBAKIR 2013



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

**PENETRAN VE KÜNT TRAVMALARA BAĞLI
DİYAFRAGMA YARALANMALARINDA
MULTİDEDEKTÖR BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ
BULGULARININ DEĞERLENDİRİLMESİ**

**Dr. MEHMET TURMAK
TIPTA UZMANLIK TEZİ**

**TEZ DANIŞMANI
Doç. Dr. CİHAN AKGÜL ÖZMEN**

DİYARBAKIR 2013

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMALAR.....	i
TABLolar.....	ii
RESİMLERLE OLGU ÖRNEKLERİ.....	iii
ÖZET.....	iv
SUMMARY.....	vi
1. GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. DİYAFRAGMA.....	2
2.1.1 Diyafragma Embriyolojisi.....	2
2.1.2 Diyafragma Ekleri.....	3
2.1.3 Diyafragma İnnervasyonu.....	4
2.1.4 Diyafragma Açıklıkları.....	5
2.1.5 Diyafragma Şekli.....	6
2.1.6 Diyafragma Fonksiyonu.....	6
2.1.7 Diyafragmanın Anatomik Varyasyonları.....	7
2.2 DİAFRAGMATİK HERNİLER.....	9
2.2.1 Konjenital Diyafragmatik Herniler.....	9
2.2.2 Kazanılmış Diyafragmatik Herniler.....	11
2.3. DİYAFRAGMA RÜPTÜRÜNDE GÖRÜNTÜLEME.....	17
2.3.1 Akciğer Grafisi (AG).....	17
2.3.2 Bilgisayarlı Tomografi (BT).....	18
2.3.3 Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG).....	20
2.3.4 Diğer Görüntüleme Modaliteleri.....	21
2.4 ÇOK KESİTLİ BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ.....	22
2.4.1 Bilgisayarlı Tomografi Fiziği.....	23
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	40
4. BULGULAR.....	44
5. RESİMLER İLE OLGU ÖRNEKLERİ.....	50
6. TARTIŞMA.....	57
7. SONUÇ.....	63
8. KAYNAKLAR.....	64

KISALTMALAR

AG: Akciğer Grafisi

TDR: Travmatik Diyafragma Rüptürü

BT: Bilgisayarlı Tomografi

BH: Bochdalek Hernisi

ÇKBT: Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi

EBBT: Elektron Beam BT

FAST: Travma Odaklı Abdominal Sonografi

FL: Frenoözofagial Ligament

FOV: Görüntü Alanı

İV: İntravenöz

KDP: Kesit Duyarlılık Profili

MDBT: Multi Dedektör Bilgisayarlı Tomografi

MRG:Manyetik Rezonans Görüntülemesi

MH: Morgagni Hernisi

ÖH: Özofagial Hiatus

KDR: Künt Diyafragma Rüptürü

PDR: Penetran Diyafragma Rüptürü

PET: Pozitron Emisyon Tomografi

PDO: Primer Diyafragma Onarımı

PÖH: Paraözofagial Herni

MIP: Maksimum İntensite Projeksiyon

MPR: Multiplanar Rekonstrüksiyon

US: Ultrasonografi

TABLolar VE ŐEKİLLER

Tablo 1. Toraks için kullanılan BT parametreleri

Tablo 2. Tüm batin için kullanılan BT parametreleri

Tablo 3. Olgular ve yapılan cerrahi prosedürler

Tablo 4. Diafragma rüptürüne eşlik eden organ yaralanmaları

Tablo 5. TDR olgularında herniye olan organlar ve sıklığı

Tablo 6. TDR olgularında radyolojik bulguların sıklığı

Tablo 7. Penetran ve künt travma olgularında radyolojik bulguların karşılaştırılması

Tablo 8. Sağ ve sol hemidiyafragma yaralanmalarında radyolojik bulguların karşılaştırılması

Şekil 1. Diyafragma embriyolojisi ve anatomisi

Şekil 2. Diyafragma açıklıkları ve diğer anatomik yapıları

Şekil 3. Diyafragmanın şematik anatomisi

RESİMLERLE OLGU ÖRNEKLERİ

Resim 1: TDR'ye eşlik eden akciğer ve dalak yaralanması

Resim 2: TDR'ye eşlik eden karaciğer ve mide yaralanması

Resim 3: TDR'ye eşlik eden mide ve pankreas herniasyonu

Resim 4: TDR'ye eşlik eden mide, dalak, ve kolon herniasyonu

Resim 5 (a,b): Diyafragmanın normal şeklinin VR ile görünümü

Resim 6: Defektin doğrudan izlenmesi.

Resim 7: Yaka işareti (Collar sign)

Resim 8: Yaka işareti (Collar sign) ve Dependan vissera sign

Resim 9: Dependan vissera sign

Resim 10: TDR'ye sekonder diyafragmada kalınlaşma

Resim 11: Sağ diyafragma rüptüründe hump (hörgüç) sign ve band (bant) sign

Resim 12: Sağ diyafragma rüptüründe hump (hörgüç) sign ve band (bant) sign

Resim 13: Penetran diyafragma rüptüründe trakt seyri

ÖZET:

Amaç: Travmatik diafragma rüptürü, hem radyologların hemde cerrahların tanı koymada zorlandığı bir durumdur ve genellikle torakoabdominal bölgenin künt ve penetran travmaları sonucu oluşmaktadır. Erken tanınması ve cerrahi olarak onarılması hayati öneme sahiptir. Günümüzde artan trafik kazaları, kesici delici alet yaralanmaları ve ateşli silah yaralanmaları diyafragma rüptürü insidansında artışa yol açmaktadır. Biz bu çalışmada diyafragma rüptürü gelişen travma hastalarında travma çeşitlerini, diyafragma rüptürüne sekonder gelişen organ herniasyonlarını ve radyolojik olarak saptanan tanısız işaretleri, çok kesitli bilgisayarlı tomografi ile ortaya koymayı amaçladık.

Gereç ve Yöntem: Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesinde 2006-2012 yılları arasında, künt veya penetran torakoabdominal travma sonucu radyoloji kliniğinde 16 veya 64 dedektörlü bilgisayarlı tomografi cihazları ile çekimleri yapılmış ve diyafragma rüptürü nedeni ile cerrahi prosedür uygulanmış 56 hasta çalışmamıza dahil edildi. Hastaların görüntüleri iki deneyimli radyolog tarafından retrospektif değerlendirildi. Hastalar, yaş ve cinsiyet, yaralanma nedeni (penetran veya künt), yaralanan taraf, eşlik eden diğer organ yaralanmaları, diyafragma yaralanmasına sekonder gelişen organların intratorasik herniasyonu açısından değerlendirildi. Ayrıca diyafragma rüptürüne sekonder gelişen radyolojik işaretlerin sıklığı araştırıldı.

Bulgular: Çalışmaya 45 erkek (% 80,3) ve 11 kadın (% 19,7) dahil edildi. Hastaların yaş ortalaması $33,9 \pm 17,1$ (4-84) yıl bulundu. Olgularımızın 37'si (% 66,1) penetran, 19'si (% 33,9) künt travmaya maruz kalmıştı. Travma sonucu 37 hastada (% 66,1) sol, 19 hastada (% 33,9) sağ hemidiyafragma yaralanmıştı. Hastaların tümünde eşlik eden organ yaralanması vardı ve en sık akciğer (% 51,7), daha sonra dalak (% 37,5) yaralanması mevcuttu. 25 (% 44,6) hastada eşlik eden organ herniasyonu olup en

sık kolon (% 60) sonra mide (% 48) herniye olmuştı. En sık radyolojik bulgu “defektin doğrudan izlenmesi” (% 53,6) olup takiben “Abdominal organ herniasyonu” (% 44,6), “diyafragmada kalınlaşma” (% 39,3) saptandı. Künt travmalarda (penetran travmalara oranla) diyafragma rüptüründe radyolojik bulguların sıklığı istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha fazla bulundu. Sağ ve sol hemidiyafragma yaralanmaları karşılaştırıldığında künt ve penetran travmalarda diyafragma rüptürünü düşündüren radyolojik işaretler sol tarafta daha fazla saptandı.

Sonuç: Radyolog, diyafragma rüptüründe radyolojik özel işaretlere aşina olmalıdır. Künt veya penetran torakoabdominal travmalarda, diyafragma rüptürünü düşündüren bulgular dikkatle değerlendirilmeli ve cerrah bu durum ile ilgili bilgilendirilmelidir.

Anahtar kelimeler: Çok kesitli bilgisayarlı tomografi, Travma, Diyafragma rüptürü, Radyolojik işaretler,

SUMMARY:

Purpose: Traumatic diaphragmatic rupture is a diagnostic challenge for both surgeons and radiologists and generally occurs secondary to blunt and penetrating trauma of thoracoabdominal region. Early recognition and surgical repair is vital. Nowadays, increasing traffic accident and the cross stab wounds, gunshot wounds lead to an increase in the incidence of diaphragmatic rupture. In this study, we aimed to define type of traumatic diaphragmatic rupture, organ herniation secondary to the diaphragmatic rupture and the diagnostic radiological signs by multislice computed tomography.

Material and Methods: Fifty -six patients who underwent surgical procedure due to blunt or penetrating trauma leading diaphragmatic rupture and visualized by 16- or 64- multidetector computed tomography at Radiology Department of Dicle University Medical Faculty between 2006-2012 were included to the study.

The images of the patients were retrospectively evaluated by two experienced radiologists. Patients, age and gender, cause of injury (penetrating or blunt), injury site, accompanied by other organ injuries, secondary organ herniation were evaluated. We also investigated the incidence of radiological signs secondary to diaphragmatic rupture.

Results: Forty five men (80,3%) and 11 women (19,7%) were included to the study. The mean age of patients was 33.9 ± 17.1 (4-84) years. 37 of the patients (66,1%) had penetrating and 19 (33,9%) had blunt trauma. Post-traumatic hemidiaphragm was in left 37 patients (66,1%) and the right side in 19 patients (33,9%). All of the patients had accompanying organ injuries, most common lung (51,7%), and spleen (37,5%) injuries. 25 (44,6%) patients had concomitant organ herniation, in the order of the colon (60%), the stomach (48%). The most common radiological findings were

“Directly visualization of injury” (53,6%) and “ herniation of abdominal organs ” (44,6%) and “ diaphragmatic thickening ” (39,3%). In comparison of the left and right hemidiaphragm injuries in blunt and penetrating trauma, the radiological signs suggestive of diaphragmatic rupture were more frequent on the left side.

Conclusion: The radiologist should be familiar with radiological signs of diaphragmatic rupture. Findings suggestive of diaphragmatic rupture must be carefully evaluated in patients with blunt or penetrating thoracoabdominal truma and the surgeon should be informed.

Keywords: Multi-slice computed tomography, Trauma, Diaphragmatic rupture, Radiological signs.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Travmatik diyafragma rüptürü (TDR), hem radyologların hemde cerrahların tanı koymada zorlandığı bir durumdur (1). TDR, genellikle torakoabdominal bölgenin künt ve penetran travmaları sonucu oluşmaktadır (2-4). Rüptür gelişim oranı genellikle % 1-5 arasında değişmektedir (5). Künt ve penetran travmada diyafragma rüptürü en sık solda görülür (6,7). Çoğu zaman, TDR akciğer grafisi ve bilgisayarlı tomografi (BT) de kolaylıkla görülebilir, ancak BT ve manyetik rezonans görüntüleme (MRG) bazı özel işaretler dikkatli analiz gerektirir. Ayrıca, TDR'ye büyük olasılıkla eşlik eden, pelvis kırıkları, torasik aort yaralanması, santral sinir sistemi travmaları, dalak ve karaciğer yaralanmaları gibi yandaş yaralanmalar (% 52-100%) tanının dikkatten kaçmasına sebep olabilmektedir (8,9). Diyafragmatik yırtığın erken tanınması ve cerrahi olarak onarılması hayati öneme sahiptir. Travmatik diyafragma rüptürleri tek başına nadiren ölüme sebep olur, fakat eğer tanıda yanılma olup gecikirse gastrointestinal herniasyonlar ciddi komplikasyonlara ve ölüme sebebiyet verebilmektedir (10).

Günümüzde trafik kazalarının artışı ve artan kesici delici alet yaralanmaları, ateşli silah yaralanmaları gibi şiddet olayları TDR insidansında artışa yol açmaktadır. Bunun yanında görüntüleme yöntemlerinde yaşanan gelişmeler sayesinde TDR tanısı büyük oranda, erken dönemde konulabilmektedir.

Biz bu çalışmada 2006-2012 yılları arasında, Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesinde, TDR nedeni ile cerrahi prosedür uygulanmış toplam 56 hastada travma çeşitlerini (künt ve penetran), eşlik eden diğer torakoabdominal organ yaralanmalarını, diyafragma rüptürüne sekonder gelişen organ herniasyonlarını ve TDR' ye özel olan dependan vissera sign, collar sign, diafragmada kalınlaşma,

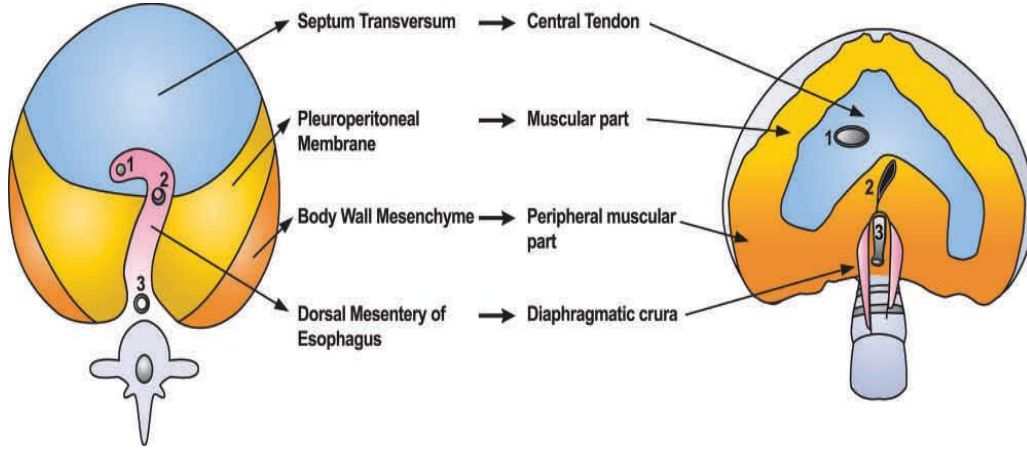
diyafragma defektinin doğrudan izlenmesi, diafragma çevresinde kontrast ekstravazasyonu, hump sign, band sign, penetran travmada trakts seyri gibi işaretleri Çok kesitli Bilgisayarlı Tomografi (ÇKBT) ile ortaya koymayı amaçladık.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. DİYAFRAGMA

2.1.1 DİYAFRAGMA EMBRİYOLOJİSİ

Diyafragma, embriogenezin 4-12'inci haftaları arasında iki aşamada gelişir. İlk aşamada diyafragmatik primordium, ikinci aşamada ise pleuroperitoneal kanalın kapanması ile plevral kavite meydana gelir. Diyafragmatik primordiumun gelişmesi embriogenezin ilk dört haftası içinde olur. Primitif diyafragma; septum transversum, pleuroperitoneal membranlar, özofagusun dorsal mezenteri ve vücut dış yan duvarından içeri doğru gelişen kaslardan oluşur (11) (şekil 1). İlkel diyafragma, bu dört komponentin, embriogenezin 4-12'inci haftaları arasında kaynaşması ile oluşmaktadır. Müsküler diyafragmanın büyük bir kısmı pleuroperitoneal membranlardan köken almaktadır. Diyafragmanın santral tendonları septum transversumdan, diyafragma krusları ise özofagusun dorsal mezenterinden meydana gelmektedir. Periferik kas tabakası ise vücudun dış yan duvarı kaslarından oluşmaktadır.



Şekil 1. **Diyafragma embriyolojisi ve anatomisi**(12): Diyafragmanın dört büyük embriyolojik öncüsü ve bunlardan meydana gelen parçalar. Diyafragmanın üç büyük açıklığından geçen anatomik yapılar: inferior vena cava (1), özofagus (2) ve aorta (3).

2.1.2 DİYAFRAGMA EKLERİ

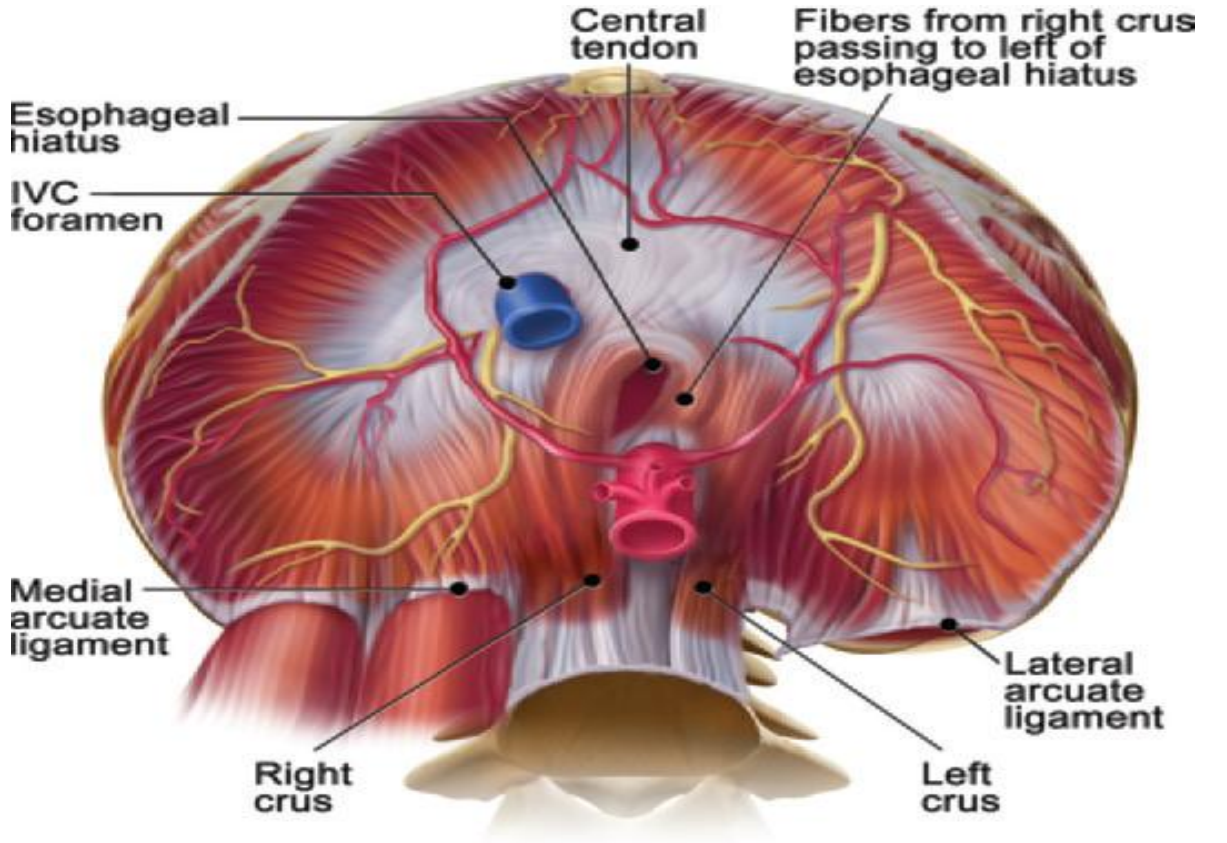
Diyafragmanın vücut duvarı ile çok sayıda eklentisi vardır. *Diyafragma krusları*; Diyafragmanın tendinöz yapılarıdır. Diyafragmayı her iki tarafta posteriora, üst lomber vertebra korpuslarına ve disklere bağlamaktadır. Diyafragma krusları fibröz median arkuat ligaman tarafından birbiri ile birleşir (13). *Mediyal ve lateral arkuat ligmanlar*; Diyafragmanın posterior ekleridirler.

Mediyal arkuat ligaman; m.psoas majorun ön yüzünü örten fasianın üst kenarının kalınlaşması ile oluşup, 1. veya 2. Lumbal vertebra korpusunun yan tarafından 1.Lumbal vertebra prosessus transversusunun ucuna uzanır.

Lateral arkuat ligaman; m.kuadratus lumborumun ön yüzünü örten fasianın kalınlaşması ile oluşur ve T12 vertebra prosessus transversusundan 12.kostanın orta kesim latereline uzanır. Sternum inferioru, ksifoid proçes, alt 6 kosta ve kostal kıkırdak ise diyafragmanın anterior ve lateral ekleridirler (14).

2.1.3 DİYAFRAGMA İNNERVASYONU

Diyafragmanın motor ve duysal innervasyonu, bilateral C3 ve C5 servikal sinir köklerinden orijin alan frenik sinirler tarafından sağlanır. Ancak diyafragmanın periferik kısımlarının duysal innervasyonunun afferentleri, interkostal (T5-T11) ve subkostal (T12) sinirlerledir. Frenik sinirler, göğüs posterolateral duvarından, toraksın anterioruna doğru ilerleyerek, iki taraflı perikardiumun ön yüzü boyunca seyredip dallanarak diyafragmanın üst ve alt yüzüne ulaşırlar (15).



Şekil:2 Diyafragma açıklıkları ve diğer anatomik yapıları (16)

2.1.4 DİYAFRAGMANIN AÇIKLIKLARI

Diyafragmanın, göğüs boşluğundan karın boşluğuna önemli yapıların geçişine izin veren, üç ana açıklığı vardır (17);

Hiatus IVC: 8. Torakal vertebra düzeyinde, sentrum tendineumun içinde yer alır. İçinden v.cava inferior ve sağ n.frenikusun terminal dalları geçer (Şekil 2).

Hiatus Özofagus: 10. Torakal vertebra seviyesinde, sağ diyafragmatik krusun kas liflerinin oluşturduğu ve bir halkadır. Halka içerisinden özofagus, sağ ve sol n.vaguslar, a-v gastrica sinistranın özofagusa giden dalları ve özofagusun 1/3 alt bölümünden gelen lenf damarları geçmektedir (Şekil 2).

Hiatus Aortikus: 12.Torakal vertebranın korpusunun önünde diyafragmanın sağ ve sol krusları arasında bulunur ve retrokrural yerleşimlidir. Bu nedenle diyafragma hareketlerinden pek etkilenmez. İçerisinden, aorta, duktus torasikus ve vena azigos geçmektedir (Şekil 2).

Diyafragmanın diğer açıklıkları: N.splenikus major ve n.splenikus minor diyafragma kruslarını delerek abomene geçerler. Trunkus sympatikus her iki tarafta lig.arkuatum medialenin arkasından geçer. A.V epigastrika superior ve her iki yanda diyafragmanın pars sternalis diyafragmatis bölümleri arasından geçer. Sol n.frenikus diyafragmanın sol kubbesini delerek, alt yüzdeki peritoneum parietaleyi innerve eder. 7-11.İnterkostal aralıkların nörovasküler demetleri diyafragmanın pars kostalis diyafragmatisinin kas demetleri arasından geçerek karın ön duvarına ulaşır.

2.1.5 DİYAFRAGMANIN ŞEKLİ

Diyafragmaya önden bakıldığında sağ ve sol olmak üzere iki kubbesinin

olduğu görülür. Sağ kubbe 5. kostanın üst kenarına kadar yükselir, sol kubbe ancak 5. kostanın alt kenarına ulaşabilir. Sağ kubbe karaciğerin sağ lobundan dolayı daha yukarıda yer alır. Diyafragmanın düzeyi solunumun fazına, duruşa ve abdominal organların gerginliğine göre değişir.

Yandan bakıldığında diyafragma ters ‘‘J’’ şeklinde görülür. Ters ‘‘J’’ harfinin uzun kolu kolumna vertebralisden yukarı doğru uzanırken kısa kolu ksifoid proçese uzanır (18).

2.1.6 DİYAFRAGMANIN FONKSİYONU

Diyafragma ventilasyonun primer kasıdır. İnspirasyon sırasında, eksternal interkostal, sternokleidomastoid, ve skalen kaslar gibi solunumun diğer yardımcı kasları ile birlikte uyum içerisinde kasılarak, toraksın hacmini artırır, böylece intratorasik basıncı düşürerek havanın akciğerlere dolmasını sağlar. Diyafragmanın gevşemesi ile akciğerin elastikiyet özelliğinden dolayı ekspirasyon meydana gelmektedir.

Diyafragma, karın içi basıncı arttırarak kusmaya, defekasyona ve miksiyona yardımcı olmaktadır. Bu işlem sırasında derin bir nefes alınarak rima glottis kapatılır. Diyafragma hava yolunun kapalı olmasından dolayı yükselmez, zaman zaman rima glottisten çıkmasına izin verilen hava ıkıntı sesine yol açar. Ayrıca hiatus özofagus düzeyinde, sfinkter görevi görerek gastroözofagial reflüyü engellemede de yardımcı olmaktadır.

Ağırlık kaldırma kasıdır: Bir yük kaldırılırken yukarıda anlatıldığı gibi derin bir nefes alınır ve diyafragma tespit edilir. Karın içi basıncını artıran bu durum kolumna vertebralisin fleksiyonuna engel olur böylece ağır yük kaldırılmasında sırt kaslarına yardımcı olur. Bu şartlar altında diyafragma mesane ve kanalis analisin sfinkterik

işlevlerinde de önemli rol oynamaktadır.

Torako-Abdominal Pompadır: Diyafragmanın aşağı çekilmesiyle toraks içi basınç azalır ve aynı zamanda karın içi basınç artar. Bu basınç değişikliği V. cava inferiorda bulunan kana basınç yaparak, kanın yukarı doğru, sağ atriuma gitmesini sağlar. Karın içi lenf damarlarında bulunan lenfada, basınç altında kalarak toraks içi negatif basıncın yardımıyla duktus torasikusun içinde yukarı doğru yükselir. Duktus torasikusta bulunan kapaklar, lenfanın geriye doğru akmasını önler (18).

2.1.7 DİYAFRAGMANIN ANATOMİK VARYASYONLARI

Diyafragmanın anatomik varyasyonları; Diyafragmatik slip, Diyafragmatik pseodotümörler, nodüler crurisler, belirginleşmiş veya hipertrofik lateral ve median arkuat ligamanlar. En sık görüleni diyafragmatik slip varyasyonudur (19).

Diyafragmatik slip: Diyafragmanın inferior yüzeyinde çıkıntı yapan kas demetleri veya kas şeritleri şeklinde izlenirler. Bazı hastalarda, karaciğer ve dalak'a doğru düzgün girintiler yapabilirler (19). Peritoneal implant, kitle veya lenf nodu ile karışabilirler. Uzun aksları boyunca takip edilirlse bu antitelerden ayırtedilebilirler.

Diyafragmatik pseudotümörler: Özellikle sol tarafta, lateral hemidiyafragmada ve daha sıklıkla yaşlı bireylerde diyafragmanın içe doğru katlanması ile psedotümör görünümü ortaya çıkabilir. BT ile görüntülenebilir (20). Bu normal varyasyonlar peritoneal tümörleri taklit edebilir. Eğer nodüler görünüm mide veya transvers kolon ile temasta ise lenf nodu veya mural kitleler olarak yanlış teşhis söz konusu olabilir. Bazen diyafragmanın, göğüs duvarı ile birleştiği ve karaciğere doğru girinti yaptığı düzeylerde, fokal kalınlaşmaları karaciğerin periferik lezyonlarını taklit edebilmektedir. Dekübitis pozisyonunda incelemelerle bu türlü problemler çözülebilir (20). İntravenöz (İ.V.) kontrast madde verilerek yapılan incelemelerde diyafragmanın bu şekildeki nodüler katlanmaları daha büyük olan karaciğer veya dalaktan ayırtedilebilir. Kaslı bireylerde, kardiofrenik sinüs düzeyinde, sağ ve sol anterior diyafragmatik katlantılar, anterior diyafragmatik lenf nodlarını taklit edebilir (21). Bu diyafragmatik yapılar kostal birleşme kısımları ile ardışık taramalarla izlenirse, diyafragmatik pseudotümör olarak doğru tespitleri

yapılabilir.

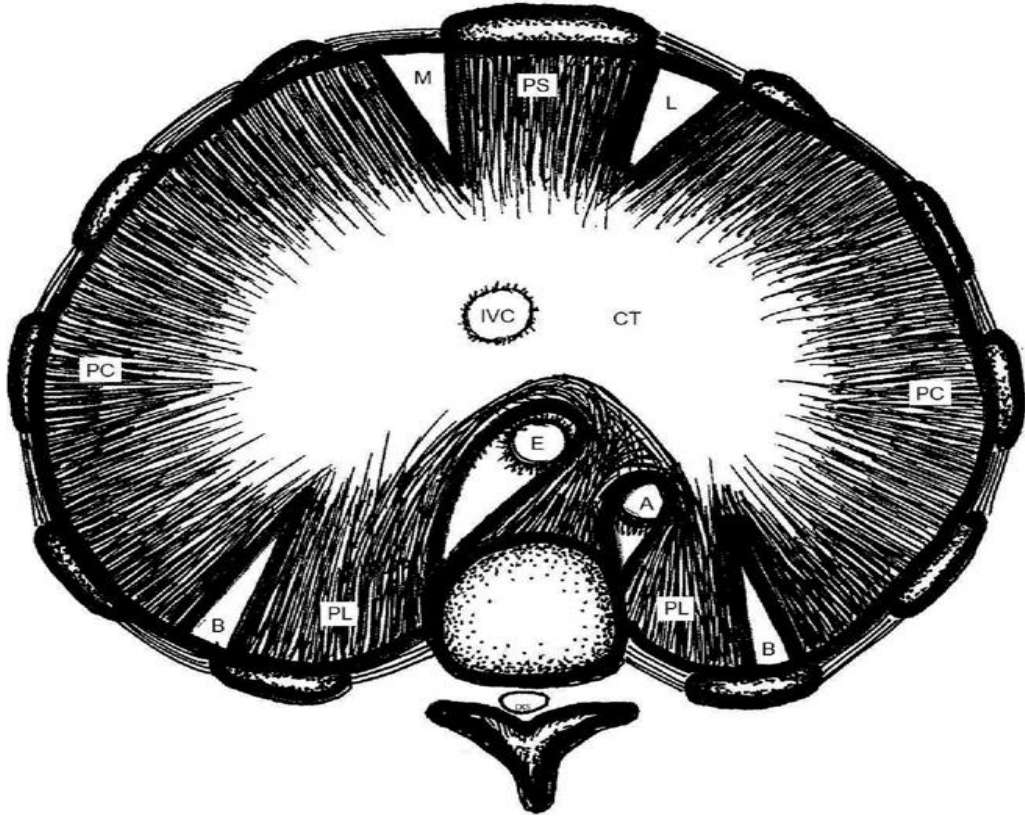
Diyafragmatik Kruşlar: Kaudal kesimlerde hipertrofik veya nodüler görülebirlirler. Çocuklarda ve derin inspirasyonda bu durum daha da belirginleşir. Ardışık taramalar yapılarak veya solunum fazını değıştirerek bu durumdan kaçınılabılır.

Median ve Lateral Arkuat Ligamanlar: Median arkuat ligaman, Diyafragma kruşlarını birleştiren fibröz banttır. Normalde aortanın üzerinden, truncus çöliakusun orijin düzeyinin süperiorundan geçer. İnsanların yaklaşık % 10-% 24'ünde çöliak trunkusun proksimali düzeyinden karşı tarafa geçer. Bu durumda çöliak truncus proksimaline bası yaparak karakteristik bir çentiğe neden olur. Genellikle genç bayanlarda görülür ve median arcuat ligaman veya çöliak arter bası sendromu olarak bilinir (22). Lateral arcuat ligaman çok nadirde olsa nodüler kalınlaşmalar gösterebilir. Bu durumda lenf nodları veya peritoneal katmanlar ile karışabilir.

Diyafragmanın Humpları ve Tek Hörgüç Diyafragma: Hemidiyafragmanın kas dokusunun inkomplet gelişmesine bağılı oluşan evantrasyonun muhtemelen hafif formlarını teşkil ederler. Kas defekti yoktur. Anteriorda ortaya çıkarlar ve çoğunlukla sağ tarafta ve karaciğeri içerirler. PA AC filminde hump, sağ kardiofrenik açıda radyolüsens olarak görülür ve yağ yastıkçığından, lipomdan, perikardiyal kist ve morgagni hernilerinden ayırt edilmelidir. Lateral filmlerde hump kardiak görüntü üzerinde yer alır ve orta lop konsolidasyonundan ayırt edilmelidir. Tek taraflı Diyafragma hörgücü, Diyafragma humpının şiddetli formudur. PA filmlerde çift kontur olarak görülür (23).

Evantrasyon: Çoğunlukla sol taraftadır. Hemidiyafragma yükselmesi ve karakteristik olarak mediastenine sağa doğru yer değıştirmesi söz konusudur. Diyafragma paralizileri ile birlikte nadir görülür. Paralizde diyafragma kası, floroskopide paradoksal hareket veya hareketsizlik nedeni ile ince ve zayıftır. Evantrasyon, paralizde olduğı gibi diyafragma rüptüründen ayırtedilmelidir (23).

Aksesuar Diyafragma: Oldukça nadir ve asemptomatiktir. Çoğunlukla sağ taraftadır. Oblik fissüre paralel seyrederek ve kalınlaşmış fissüre benzer. Akciğerin konjenital anomalileri eşlik edebilir.



Şekil 3 (24): Diyafragmanın şematik anatomisi. A; Aortik hiatus, B; Bochdalek alanı, CT; Santral tendon, E; Ezofajial hiatus, IVC; Foramen vena cava, M; Morgagni alanı, L; Larrey alanı, PC; Pars costalis, PL; Krurisler dahil pars lumbalis, PS, Pars sternalis

2.2 DİYAFRAGMATİK HERNİLER

2.2.1 Konjenital Diyafragmatik Herniler

Bochdalek Hernisi (BH): Embriyonik pleuroperitoneal zarın tam olmayan kaynaşması sonucu oluşur (şekil 3). Solda sık görülmesinin sebebi, sağ tarafta embriyonik pleuroperitoneal zarın erken kapanması (25) ve karaciğerin diyaframadaki defektler için koruyucu rol oynamasıdır (26). Küçük defektlerden sadece retroperitoneal yağ dokusu herniye olmaktadır. Daha büyük defektlerden, solda mide, barsak ansları, dalak veya böbrek, sağda ise karaciğer gibi visseral yapılar herniye olabilirler (25,27). Yetişkinlerde genellikle asemptomatiktir ve

insidental bir bulgudur (28). Bununla birlikte herni içeriğinin strangülasyonu veya incarserasyonu ciddi sonuçlara ve şiddetli klinik bulgulara neden olabilir (29). Akciğer grafisinde posteriorda, yukarıya doğru uzanan yumuşak doku kitlesi şeklinde görülebilir. BT ile herni içeriği zorlanmadan tanımlanabilir ve diyafragmatik defekt genellikle gösterilebilir. Benzer görünüm, daha yaygın olarak, yetişkinlerin % 10'undan fazlasında, yağlı doku veya organ herniasyonunun eşlik edebildiği, küçük fokal diyafragmatik defekt veya diyafragma devamsızlık şeklinde karşımıza çıkabilir (30,31). Bunların insidansının yaş, kilo artışı ve amfizem gibi nedenlerle artması, BT'de görülen benzer anomalilerin büyük çoğunluğunun aslında sebebinin BH değil, kazanılmış diyafragmatik defektler olduğunu göstermektedir (30).

Morgagni Hernisi (MH): Embriyolojik septum transversumun gelişmesindeki bozukluk ile birlikte diyafragmanın sağ ve sol kostal, sternal fibrotendinöz unsurlarının füzyonundaki yetmezlik sonucu, diyafragmanın anteriorunda morgagni forameni adı verilen defektler oluşur. MH bu defektlerden, batin içi yapıların, genellikle obezitenin de etkisi ile herniye olmasıdır (25, 27). BH'nin aksine, herniye yapıları çevreleyen, pelevra ve peritondan oluşan bir fitik kesesi bulunmaktadır. MH en sık sağ taraftadır. Solda nadir olmasının muhtemel sebebi, sol anterior diyafragmatik defektlerin kalp ve perikardium ile desteklenmesidir. Bilateral oması soldaki perikardial defektlerden kaynaklanmaktadır (32). Genellikle direk grafilerde, kardiofrenik sinüste asemptomatik kitle şeklinde dikkati çekerler. Semptomlar spesik değildir ve aralıklı göğüs ağrısı, göğüste dolgunluk, gerginlik gibi şikayetler olabilir (29). BT, MH'ni epikardiyal yağ yastıkçığından, perikardiyal kistten, mediastinal kitlelerden veya kardiyofrenik sinüsteki plevraya veya pulmoner artere bağlı opasitelerden kolaylıkla ayırt edebilir.

Omentun, bazen transvers kolon, nadiren mide, incebarsak ve karaciğer genellikle herni içeriğine eşlik edebilirler (25,29). Göğüs alt ön duvarında, periferik diyafragmada, omental veya mezenterik yağlı doku ve vasküler yapıların morgagni foramenine doğru, batin içi organlar olsun veya olmasın, herniye olduğunun BT’de tespit edilmesi ile tanı konulabilir. Transvers kolonun süperiora yer değiştirmesi herni ile ilişkili olabilir (32,33). Gerçekte diyafragma defektini tespit etmek zor olabilir. Diğer diyafragma hernilerinde olduğu gibi MH’de büyük olabilir ve incarsasyon, strangülasyon veya obstrüksiyon gibi semptomlar ile kendini gösterebilir (34).

2.2.2 Kazanılmış Diyafragmatik Herniler

Hiatus Hernileri: Daha çok erişkinlerde, midenin özofagial hiatustan (ÖH) herniye olmasıdır. Frenoözofagial ligamentin (FL) gerilmesi ve esnemesine, ÖH’un genişlemesine sekonder oluşmaktadır (25,27). Obezite ve intraabdominal basıncı arttıran her şey predispozan faktörlerdir. Tip I veya sliding tip hiatus hernilerinde, FL zayıflar ve gastroözofagial bileşke ile midenin bir bölümü ÖH’den posterior mediastene doğru herniye olur. En sık hiatus hernisi tipidir. Hastalar asemptomatik veya reflüye bağlı semptomatik olabilirler (25). Daha az yaygın olan Tip II veya paraözofagial hernide (PÖH), FL yırtılmıştır ve midenin bir bölümünün (genellikle fundusu) veya diğer yapıların ÖH üzerinden, diyafragmanın altında kalan gastroözofagial bileşke boyunca uzanarak herniye olmasına izin verir. PÖH’ler küçük oldukları zaman biraz semptomatik olabilirler ama mide yanması ve reflü özofajit ile ilişkili değildirler fakat yemek sonrası rahatsızlık hissi, substernal dolgunluk veya öğürmeye sebep olabilirler (35).

BT taramaları, midenin proksimalinin veya karın içi yapıların uzantılarını alt

mediastende gösterebilir. PÖH'lerde anormal derecede genişlemiş ÖH ile birlikte genellikle özofagus ve diyafragmatik krusların artan ayrışması vardır ve yaşla birlikte insidans artar (36). Elektif onarım düşünülüyor ise multiplanar MRI fitiğin içeriğini göstermek amacı ile faydalı olabilir. Büyük boyutlu fıtıklar inkarsere olabilmekte veya volvulusa gidebilmektedirler (37). PÖH'ler herhangi bir semptom vermeseler dahi ciddi komplikasyonlar için özellikle risk oluştururlar. Bu nedenle elektif cerrahi endikasyonları vardır. Belirgin assiti olan PÖH'li hastalarda sıvı, alt posterior mediastene uzanabilir ve mediastinal abse, nekrotik tümör veya foregut kistini taklit edebilir (38). Herni kesesi içerisindeki mide lümeninin inkomplet distansiyonu, mide fundus duvar kalınlaşmasını taklit eder ve tümör şüphesi uyandırabilir; mide proksimalini şişirmek için prone pozisyonda çekim yapılır (39) veya ileri tetkik olarak endoskopik veya baryum ile floroskopik inceleme şüpheli durumlarda gerekebilir (34). Nadiren hiatus hernileri hem sliding tip hem de PÖH birlikte görülebilir bu durum miks tip hiatus hernisi olarak isimlendirilir.

Travmatik Herniler: TDR, ya künt abdominal travma (motorsiklet kazası, düşme, ezilme yaralanmaları, vs) yada penetran travma (PT) (bıçak, ateşli silah, vs) sonucu oluşmaktadır. Çok nadiren de olsa iatrojenik, gebelik ve doğum sırasında veya spontan gelişebilmektedir (40). Mekanik ventilasyona alınan hastalarda, pozitif basınçtan dolayı, intraabdominal yapıların toraks içine herniasyonu engellenebilir ve tanı bu nedenle gecikebilir (41-43). Genel olarak TDR tanısı günlerce ve yıllarca gecikebilir.

Penetre TDR'lerde defekt genellikle 2cm'nin altındadır ve kinlik olarak şüphelenilse bile BT ile görüntülenemeyebilirler. Böyle durumlarda exploratif cerrahi görüntüleme yöntemleri tercih edilir (44). TDR'lerde defekt, torakoabdominal basınç

farkı nedeni ile zamanla genişleyebilir ve sonuçta strangülasyon veya incarceration riski oluşabilir (34). Supin göğüs grafisi diyafragmayı değerlendirmek için ilk başvuru olan görüntüleme yöntemi olsada birçok merkezde artık tüm vücudu ayrıntılı taramak için ÇKBT bunun yerini almıştır. Konvansiyonel tek kesitli BT ile yapılan çalışmalar, diyafragma rüptürünün tanısında tek kesitli BT'nin zayıf kaldığı gösterilmiştir (45,46). Ancak, daha güncel literatür bilgileri, spiral BT veya özellikle ÇKBT kullanılarak elde edilen yüksek kalitede aksiyal görüntüler ile birlikte koronal ve sagittal MPR görüntüleri tanısallık hassasiyeti oldukça geliştirdiğini bildirmişlerdir (47-51).

Rüptür Mekanizması

Künt travmada diyafragma yaralanmasının mekanizmasını açıklayan birçok varsayım bulunmaktadır. Travma sonrası diyafragma eklerinin kopması, toraks duvarına gelen yan darbelerden oluşan makaslama etkisi, parçalı kot fraktürlerinin diyafragmayı yaralaması, intraabdominal organlar ile diyafragmaya ani kuvvet aktarımı bu mekanizmalardan bazılarıdır (45). Sol taraf hemidiyafragma yaralanmalarının sağdan fazla olması karaciğerin koruyucu etkisine bağlanmıştır. Karaciğer travma anında artan intraabdominal basıncın direkt olarak sağ hemidiyafragmaya iletilmesini bir tampon gibi hareket ederek önler. Deneysel çalışmalar da, sağ hemidiyafragmanın mekanik etkilere karşı soldan daha güçlü olduğunu göstermiştir (52, 42, 53). Reiff ve arkadaşları, diyafragmatik yaralanma oluşma olasılığının yolcu bölmesini etkileyen [70,6 cm-48,3 cm] ve yüksek hız değişikliği [48,8 km/st -33,9 km/st] olan motorlu taşıt kazalarında daha yüksek olduğunu göstermiştir (54). Ameliyat öncesi tanı konulan, künt travma sonrası meydana gelen diyafragma yaralanmalarında defekt genellikle 10cm ve üzerinde

çıkmiştir, halbuki penetran travma sonrası oluşan diyafragma yaralanmalarında yaklaşık % 84'ünde defekt 2cm ve altındadır (53). Peritoneal ve plevral alanlar arasındaki yaklaşık 7-20cm su pozitif basınç farkı, intraabdominal organların diyafragmatik defekten toraksa herniasyonunu kolaylaştırmaktadır (55).

Rüptür Lokalizasyonu

Embriolojik gelişim sırasında diyafragmanın kostal ve lumbar parçalarının füzyonu diğer bölgelere göre zayıf kalmaktadır. Künt travmalar sırasında diyafragma en çok bu kongenital zayıf kısımlar boyunca yaralanmaktadır (56,57). Sol hemidiyafragmanın künt travmalarında yaralanma genellikle aorta ile dalak arasında kalan hemidiyafragmanın posterolateralinde meydana gelmektedir ve ışınsal tarzda mediale doğru santral tendona uzanmaktadır. Künt travmalarda, bazı sağ hemidiyafragma yaralanmalarına tanı konulamamakla birlikte, sol taraf yaralanmaları sağa nazaran 2 ila 3 kat fazla oluşmaktadır (52, 57, 58). Penetran ve acil servise ulaşmadan ex olan künt diyafragma yaralanmaları arasında sağ ve sol hemidiyafragma yaralanması insidansı eşit bulunmuştur (59-61). Bilateral diyafragma yaralanması çok nadirdir ve çeşitli kaynaklar tarafından % 2 ila % 6 arasında rapor edilmiştir (53, 60, 63). Sağ hemidiyafragmanın yaralanması için sola nazaran daha kuvvetli darbeler gerekmektedir bu nedenle sağ hemidiyafragma yaralanmalarında hastane öncesi mortalite sol hemidiyafragma yaralanmasına nazaran yüksektir (52, 53, 57, 59, 60, 64).

Eşlik Eden Yaralanmalar

Diyafragmanın lokalizasyonu, intraabdominal ve intratorasik organlar ile komşuluğu eşlik eden yaralanmaları beraberinde getirmektedir ki diafragma rüptürlerinin büyük bir kısmında eşlik eden organ yaralanmaları bulunmaktadır (41,

52, 62, 65-67).

Radyolojik İşaretler

Organların İntratorasik Herniyasyonu: Diyafragma defektinden intraabdominal organlar herniye olabilmektedir. Herniasyon kesesinde genellikle mide vardır ancak karaciğer, ince veya kalın barsak, omentum, dalak, böbrek veya safra kesesini de içerebilir (68).

Diyafragma Defektinin Direk izlenmesi: Diyafragmanın serbest kenarları defektin olduğu düzeyde izlenebilmektedir. Serbest kenar diyafragma ekinin periferinde veya santralinde olabilmektedir. Bazen serbest kas kenarı kendi üzerine katlanabilir, retrakte olabilir veya kanayabilir, böyle bir durumda serbest kas kenarında kalınlaşma olacaktır (68).

Yaka İşareti (collar sign): Diyafragmatik rüptürden intraabdominal yapılar herniye olduğunda bazen herniyasyon düzeyinde diyafragma herniye dokuyu çepeçevre sıkabilmektedir. Böyle bir durumda defekt altında ve üstünde kalan herniye olmuş organ yaka benzeri görünüm almaktadır (68).

Göğüs posterior duvarına dayanmış organ işareti (Dependent vissera sign): Supin pozisyonundaki bir kişide normalde diyafragmanın destekleyici etkisinden dolayı batın içi organlar arka göğüs duvarı ile temas etmezler. Diyaframa yaralanmasında bu kısıtlayıcı etki ortadan kalkar ve organlar göğüs duvarı arkasına doğru kostalar ile temas haline geçer. Bu işaret “dependent vissera sign” ile adlandırılmıştır (68). Solda mide veya bağırsak anslarının posteriorda kostalara dayanması veya dalak arkasına yer değiştirmesi, Sağda ise karaciğerin 1/3 üst kesiminin arka göğüs duvarı ile temas etmesi ile oluşmaktadır (47). Zaman zaman, belirgin plevral effüzyon veya hemotoraks, diyafragma rüptürü varlığında “dependent vissera sign” işaretini gizleyebilmektedir. Bu tür hastalarda plevral effüzyonun veya hemotoraksın drenajından sonra bu işaret takip incelemelerde aranmalıdır (69).

Diyafragmada Kalınlaşma: Diyafragmanın kalınlaşıp kalınlaşmadığı subjektif olarak karşı taraf ile kıyas edilerek kararlaştırılır (70). Yaralanma varlığında, kas içi hematoma veya ödem veya kas kontraksiyonu diyafragma

kalınlaşmasına sebep olmaktadır (70, 71). İşaretin kısıtlılıklarından biri radyoloğun cerrahi tedavi gerektiren tam kat yırtık mı yoksa cerrahi gerektirmeyen parsiyel yırtık mı ayırımını net bir şekilde yapamıyor olmasıdır. Ayrıca diyafragma komşu yapıların yaralanmasına sekonder oluşan hemorajiler, diyafragma kontürünü takip ederek intrasubstans diyafragmatik kanama görünümü verebilir (70, 71). Bu nedenle künt diyafragma rüptürü için tam ve titiz bir şekilde yaklaşmak gerekiyorsa, tek başına kriter olarak kullanılmamalıdır (68).

Diyafragma çevresinde kontrast ekstrevasasyonu: Diyafragma yaralanmasının bir diğer işareti aktif kontrast ekstrevasasyonudur. Tek başına rüptürün göstergesi olabilmektedir (69). Ancak yinede diyafragmada kalınlaşma gibi bu işarete rüptür için tanısal değildir ve görülünce büyük bir dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir. Kanama diyafragmanın kendisinden olmayabilir. Karaciğer, dalak gibi komşu organlardan (71) veya interkostal arterlerden (68) de kaynaklanabilmektedir.

Bant işareti (Band sign) ve Hürgüç işareti (Hump Sign): Yaka işaretinin (collar sign) varyantlarıdır. Hürgüç işareti, herniye olan karaciğerin diyafragma tarafından çevrelenen yuvarlaklaşmış parçasıdır. Bant işareti ise herniye olmuş karaciğer dokusunu çevreleyen ve hemidiyafram defekti boyunca uzanan radyolusens bir çizgi şeklinde izlenmektedir (68). Her iki işaret ve dolayısı ile sağ taraf diyafragma yaralanmaları ÇKBT ile sagittal ve koronal MPR reformat görüntüler kullanarak en iyi şekilde izlenebilmektedir (72).

Penetran yaralanmaya ait trase: Tabanca, bıçak ve benzeri silahlarla oluşan penetran yaralanmanın trasesinin diyafragmanın her iki tarafına da uzanması durumudur (68).

2.3. Diyafragma Rüptüründe Görüntüleme

2.3.1 Akciğer Grafisi (AG):

ÇKBT'in kullanıma girmesi ile künt travmalarda diyafragmanın değerlendirmesinde ilk tarama yöntemi olmuştur bu nedenle AG'nin travma sonrası ilk görüntüleme yöntemi olarak kullanılması azalmıştır. TDR ile eş zamanlı organ

herniasyonunun iki adet tanısal radyolojik bulgusu vardır. Birincisi travma zemininde intraabdominal organların, hemitoraksa doğru hemidiyafragma üzerine herniasyonudur. Diğeri ise diyafragma defekti düzeyinde herniye olmuş yumuşak dokunun diyafragma tarafından sıkıştırılması sonucu oluşan ‘collar sign’ işaretidir. AG’de Diyafragma kontüründe obliterasyon veya distorsiyon, plevral effüzyon, hemidiyafragmada belirgin elevasyon, hava-sıvı seviyesi, contrlateral mediastinal shift gibi bulgular diyafragma yaralanması için nonspesifiktir. Atelektazi, efüzyon, pulmoner kontüzyon, travmatik pnomatosereller, loküle pnömotoraks, aspirasyon pnomonisi, frenik sinir felci, segmental veya total kongenital hemidiyafragma evantrasyonu, gastrik dilatasyon ve subfrenik sıvı koleksiyonları gibi travmatik veya travmatik olmayan diğeri patolojik zeminlerde de nonspesifik bulgular izlenebilmektedir. Bu bulgular diyafragma yaralanmasını, travma ilişkili organ herniasyonunu taklit edebilmekte veya gizleyebilmektedir (72).

Diyafragma yaralanması olan hastaların % 20-50’sinde ilk başta AG normal veya nonspesifiktir. Bu oran literatürdeki diyafragma yaralanması olan politravma hastalarında diyafragma yaralanmasının ilk başta kaçırılmasındaki büyük değişkenliği (%7-66) açıklamaktadır (53, 59, 67, 73-75). Başvuru grafiğinin diyafragma yaralanmalarında sol taraf için % 27-62 oranında, sağ taraf için ise % 18-33 oranında tanısal olduğu belirtilmektedir (52, 55, 65, 76, 77). Bir başka çalışmada AG’leri, hastaların % 18’inde diyafragma yaralanmasını düşündürdüğü ancak tanısal olmadığı belirtilmiştir (47, 74). Seri AG’leri genellikle yararlı olabilmektedir. Travma ile eş zamanlı meydana gelen alt toraks patolojileri çözülünce, subakut veya kronik dönemde diyafragma yaralanması daha belirgin hale gelebilmektedir. Pozitif basınçlı ventilatör desteği alan hastalarda diyafragma yaralanması gecikebilmektedir,

bu süre boyunca plevra ve periton arasında doğal basınç farkı ortadan kalkmaktadır ve diyafragma yaralanması için tanısallık olan organ herniasyonu gerçekleşmeyebilmektedir, bu nedenle ventilatör desteği sonlandırıldığında diyafragma yaralanması şüphesi olan hastalarda AG'ini tekrarlamak gerekmektedir (45, 67).

2.3.2 Bilgisayarlı Tomografi (BT)

Teknik: Konvansiyonel BT'nin Diyafragma yaralanmasında spesifitesi % 76-99 sensitivitesi ise % 14-61 arasında değişmektedir (9, 74, 76, 78, 79). Aksiyel görüntülerde tüm diyafragma kubbesinin görüntülenememesi, 8-10 mm kesit kalınlığı ile alınan aksiyel görüntüler üzerinden yapılan sagittal ve coronal reformat görüntülerin düşük çözünürlüklü görüntüler olması ve diyafragma kontürlerinin patolojik akciğer dokusundan veya komşu normal yapılardan ayırt edilememesi konvansiyonel BT'nin kısıtlılıklarıdır. Spiral BT, özellikle multidedektörler ile birlikte, z-eksen rezolüsyonunu optimize etmek için ince kesit kolimasyon ve üst üste kesitler kullanarak, tek bir nefes tutma süresinde daha fazla veri alarak, hareket ve kayıt hatası artefaktlarını azaltarak bu kısıtlılıklar aşılabilmektedir (80,81). Bilgisayar sistemleri farklı teknikler kullanarak görüntüleri değişik planlarda işlemeye olanak sağlamaktadır. Bu teknikler kullanılarak 2mm'lik aralıklarla üç boyutlu, sagittal ve koronal MPR görüntüler elde edilmektedir. Böylece yüksek uzaysal çözünürlüğe sahip aksiyel, MPR ve üç boyutlu görüntüler ile diyafragma kontürünü ve diyafragmanın komşu organlar ile ilişkileri ayrıntılı bir şekilde incelenebilmektedir. ÇKBT'de aksiyel görüntülerde, hemidiyafragmada anormal yükselme veya major üst batın ve alt toraks yaralanması gibi diyafragma yaralanması şüphesi olan hastalarda reformat görüntüler kullanılabilir (81,82). Subakut veya kronik posttravmatik

dönemde gelen ve radyolojik olarak diyafragma yaralanması şüphesi olan hastalarda da benzer kolimasyon ve pitch değerleri ile intravenöz kontrast madde verilerek tarama yapılmaktadır (72).

Bilgisayarlı Tomografide Tanısal Tuzaklar: Kafa karışıklığının ve yanlış tanı nedenlerinin başlıca sebepleri, diyafragmanın normal varyasyonlarının iyi bilinmemesi, nonspesifik işaretlerin aşırı çokluğu, spesifik işaretlerin bilinmesindeki yetersizlik ve oluşan artefaktlar olarak kabaca sıralanabilir. Yaralanmayı düşündüren nonspesifik işaretlerin varlığında ve normal varyasyonlardan şüphelenildiğinde multiplanar reformat görüntüler rahatlıkla kullanılabilir. Zaman zaman, oral kontrast ile tekrar edilen çekimler ve daha ince reformat görüntüler elde edildiğinde veya birkaç gün sonra çekim tekrarı yapıldığında tanı güvenilirliği artabilir. Bazen hareket artefaktları görüntü kalitesini düşürebilir. Eğer torakoabdominal yaralanmaya ait bir bulgu yok ise diyafragma rüptürüne ait küçük bir olasılık olmasına karşı rüptür dışlanabilir ancak torakoabdominal yaralanma belirgin ise diyafragma yaralanmasını ekarte etmek için daha büyük bir pitch değeri ile çekim tekrarı yapılabilir (68). Akut durumlarda travma ile ilişkili bazı akciğer patolojileri, sol hemidiyafragmada önemli ölçüde elevasyona neden olan ve hemidiyafragma kontürünü belirsizleştiren sol alt lob atelektazileri gibi bazı faktörler diyafragma yaralanması ile karışabilmekte ve tanıyı da zorlaştırmaktadır. Özellikle sol hemitoraks posterolateralinde görülen lokalize defektler, yetişkinlerin yaklaşık % 6'sında özellikle yaşlı bayanlarda görülen ve asemptomatik olan diyafragmanın varyasyonlarıdır (48,83-85). Diyafragmatik krusta lokalize defekt veya diyafragmada kalınlaşma durumlarında diyafragma rüptürü tanısı sadece BT bulgularına dayanılarak yapılmamalıdır (86). Sürenal bez, böbrek, dalak, karaciğer veya proksimal incebarsak ansları gibi diyafragma komşu

organların yaralanması, diyafragma boyunca kanamaya veya ödeme sebep olarak diyafragma yaralanmasını taklit edebilmektedir. Diyafragma evantrasyonu, bazı doğumsal ve konjenital anomaliler, diyafragma yaralanması ile karışabilir. Evantrasyon genellikle sol tarafta ve sıklıkla posterior hemidiyafragmadadır. Ayrıca evantrasyonda intraabdominal yapılar, eleve olan ince ve düzgün kenarlı hemidiyafragmanın altında bulunmaktadır. Diyafragma intaktır (72).

2.3.3 Manyetik Rezonans Görüntülemesi (MRG)

Rutinde kardiyak ve solunumsal artefaktları ortadan kaldıran elektrodlar ile birlikte sagittal ve koronal MR görüntüleri diyafragmayı bütünü ile görüntülemek için yeterlidir (57, 87). T1 ağırlıklı ve gradyan eko sekanslar diyafragmayı kesintisiz hipointens bir bant şeklinde göstermektedir. Diyafragma yaralanması, hipointens diyafragmada defekt (ler) şeklinde izlenmektedir. Diyafragmatik rüptürden herniye olmuş intraabdominal organlar veya omentum MRG ile oldukça hassas bir şekilde görüntülenebilmektedir (87). Shanmuganathan ve ark (87), T1 ağırlıklı sagittal ve koronal spin-eko görüntülerden oluşan basit bir protokolü kullanmaktadırlar, ayrıca diyafragmanın sağlam olabileceği yanılıgına yol açabilecek kimyasal shift artefaktına neden olmayan gradyan eko sekanslarını da protokollerine eklemişlerdir. Lochum ve ark (48), yağ baskılı kontrastlı fast gradian-eko, kısa eko zamanı ve yarım-Fourier acquisition ile single-shot fast spin eko sekansını kullanmaktadırlar. Böylece diyafragma için daha uygun bir görüntülemeyi, daha kısa çekim süresini ve diyafragmanın ateletaziden ve akciğer kontüzyonundan daha iyi ayırt edilmesini sağlamışlardır. Klinik ve radyolojik olarak diyafragma yaralanmasından şüphe edilen ancak ÇKBT’de sagittal ve koronal reformat ve MPR görüntüler ile tanı konulamayan hastalarda MRG çekimi önerilmektedir.

2.3.4 Diğer Görüntüleme Modaliteleri

Ultrasonografi (US): Mevcut MRG ve BT teknolojileri göz önüne alındığında ikiside akut travma esnasında diyafragma yaralanması tanısında aktif rol almamaktadırlar (68). Sonografik olarak diyafragma rüptürünün tanındığı birçok çalışmada belirtilmiştir (88-90). US'de intraabdominal organların toraksa herniasyonu (88,89), diyafragmada parçalanma, diyafragmanın gösterilememesi (89) ve inceleme boyunca solunum siklusları esnasında diyafragmada hareketsizlik (90) diyafragma rüptüründe sonografik işaretler arasında sayılabilmektedir. Radyologlar, bilinen sağ diyafragma rüptürü olan tüm hastalarda, plevral kavitede diyafragmatik flep veya toraks içine herniye olmuş dalak tespit etmişlerdir (91). Bununla birlikte, US'de kısıtlayıcı birçok neden bulunmaktadır. Cilt altı amfizem, hastada kullanılan bandajlar ve destek cihazları, mide ve kolon gazları, akciğerin havalanması, abdominal ağrı ve obezite gibi birçok neden sonografik incelemeyi kısıtlamaktadır (89,92). Bu kısıtlılıkları nedeni ile US birincil tanı araçları arasında yer almamaktadır ancak henüz birçok travma merkezinde ilk tanısall amaçlı travma odaklı abdominal sonografinin (FAST) ayrılmaz bir parçasıdır. FAST bakı batın içinde sıvı toplanabilecek potansiyel boşlukların hızlı sonografik taranmasıdır. Diyafragma tarafından sınırlandırılan sağ ve sol subfrenik alanlar, diyafragma ile çevrili perikardiak ve plevral alanlar FAST bakıda taranan bölgelerdir. FAST bakı sırasında diyafragmatik yaralanmaya dair sonografik işaretlerin varlığı, özellikle diyafragmadaki hareket bozukluğunun US'de görülmesi tanı işini kolaylaştırabilir ancak ultrasonografik işaretlerin olmaması tanıyı ekarte ettirmez.

Baryumlu grafi, floroskopi, nükleer tıp incelemeleri, laparoskopi, digital eksplorasyon, torakoskopi ve görüntüleme eşliğinde torakoskopik cerrahi (VATS)

gibi daha birçok yöntem diyafragma yaralması tanısında başvuru alan görüntü modaliteleridir.

2.4 ÇOK KESİTLİ BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ

Bilgisayarlı tomografi 1963 yılında Alan Cormack tarafından teorize edilmiş ve radyolojide yeni bir çağır açmıştır. 1970'li yıllarda görüntülemeye girdikten sonra sürekli yeni gelişmeler meydana gelmiştir (93). Godfrey Hounsfield ve Alan Cormack diagnostik görüntülemeye elde ettikleri başarıları nedeniyle BT'nin bulucuları olarak 1979 yılında Nobel ödülünü almışlardır. Günümüze kadar BT cihazları bir dizi evrim geçirmiştir (93). Spiral taramanın geliştirildiği 1989 yılından sonra, 1991'de 1 mm altında kesit alabilen cihazlar üretilmiştir. Aynı yıl günümüzdeki ÇKBT teknolojisinin öncüsü iki detektörlü helikal BT'de geliştirilmiştir. 1993'te gerçek zamanlı BT'nin kullanıma sokulmasıyla BT floroskopi altında biyopsi işlemlerinin yapılabilmesi, damar yapıları ya da organlar içindeki kontrastlanmanın monitörizasyonu (otomatik bolus yakalama programları) olanaklı hale gelmiştir. Gantri rotasyon zamanlarının 1 sn'nin altına inmesi 1995'te mümkün olmuştur. 1998 yılında da ilk çok kesitli BT sistemleri kullanıma girmiştir (94).

2.4.1 Bilgisayarlı Tomografi Fiziği

Görüntü Oluşum Süreci

BT çalışma prensibi olarak 4 ünitelerden oluşur:

1. Kaynak: X ışın tüpü
2. Dedektör: Hastadan geçen ışınları toplar
3. Bilgisayar: Dedektörden gelen bilgileri alır depolar ve görünür hale dönüştürür.

4. Monitör: Bilgisayarda oluşan dijital görüntüleri gösterir.

BT’ de görüntü oluşumu üç aşamada gerçekleşir: (95,96)

1.Tarama fazı: Data (bilgi) oluşur. Yelpaze şeklinde X ışınları vücudu delerek dedektörler tarafından absorpsiyon miktarı ölçülür. Dedektörler filmin yerine geçmiştir ve absorpsiyon özelliği yüksek olmalı, gelen fotonu yüksek oranda yakalayabilmeli, elektron-sinyal dönüşümünü yüksek oranda yapabilmeli, ikinci sinyali işlemeye kısa süreler içinde hazır olmalıdır.

İki tip dedektör vardır:

XENON dedektörler: Üzerine X ışını düştüğünde sıkıştırılmış Xenon gazında iyonizasyona neden olur ve elektrik sinyali üretir.

SOLID STATE dedektörler: Üzerine X ışını düştüğünde ışık salınımı olur ve elektrik sinyali üretir.

2. Rekonstrüksiyon fazı: Bilgi dijital görüntüye dönüştürülür. Dedektörlerden elde edilen elektrik sinyallerinin tarama alanını temsil edecek sayılardan oluşmuş haritaya dönüştürme işlemine rekonstrüksiyon denir. Bu işlemin yapılması için değişik algoritmalar kullanılır.

Görüntü birçok sayısal verilerden meydana gelmektedir. Bu sayısal noktacık şeklindeki verilerin en küçüğüne PİKSEL denir. Pi(Picture) x el (element) kelimelerinin kısaltmasıdır. En küçük hacim elemanına VOKSEL denir. Vo (Volume) x el (element) kelimelerinin kısaltılmış halidir.

3. Dijital-analog dönüşüm fazı: Bilgi grinin tonları şeklinde görülebilir hale getirilir.

BT Teknolojisinde Tarihsel Gelişim ve Jenerasyonlar

Tomografiler değişik evreler geçirerek günümüze kadar gelmişlerdir. İlk

geliştirilen tomografiler birinci jenerasyon olarak isimlendirilirken günümüzde çok kesitli tomografiler yedinci jenerasyon olarak yerini almıştır.

Birinci jenerasyon: Önce bir ışın demeti ve iki ayrı kesit için veri toplayan NaI dedektörler vardır. Tüp ve dedektör, her projeksiyon için derece derece döner; taramayı alanda kayarak yapar. Çok iyi kolime edilmiş tek bir demet kullanılması nedeniyle saçılma en aza indirilmiştir. Bir çift görüntü elde etmek 5 dakika sürer. Sadece kraniyal incelemeler yapılabilmektedir (97).

İkinci jenerasyon: Tarama teknolojisi değiştirilmemiştir fakat ışın geometrisi ve dedektör sayısında farklılık vardır. Işın demeti yaklaşık 10 derecelik yelpaze şeklindedir ve karşısına 30 kadar dedektör sıralanmıştır. Birinci jenerasyon BT lere göre X ışınından yararlanma oranı artırılmış ancak X ışınında saçılma da artmıştır (97).

Üçüncü jenerasyon: Bu BT aygıtlarında tarama teknolojisi değişmiş, ışın yelpazesi genişlemiş ve dedektör sayısı artmıştır. Tüp ve ona bağlı yaklaşık 800 dedektör hastanın etrafında 360 derece dönerek veri toplar. X ışını yelpazesi tüm görüntüleme alanını kapsayacak kadar genişlemiştir. Hastayı geçen ışın, referans dedektörlerin ölçtüğü değerlerle karşılaştırılarak X ışınlarının zayıflaması hesaplanır. Bu sistemin önemli bir dezavantajı dedektör kalibrasyonu yeterli olmadığında görüntü üzerinde oluşan arızalı dedektörün oluşturduğu daire şeklinde “ring” artefaktıdır (97).

Dördüncü jenerasyon: Bu aygıtlar 3. jenerasyon BT lerde önemli bir sorun olan “ring” artefaktını çözmek üzere geliştirilmiştir. Bu sistemde yaklaşık 4800 dedektör gantri açıklığı çevresinde bir halka şeklinde sabit olarak yerleştirilmiştir. Tüp bu dedektör halkası içerisinde döner (97).

Beşinci jenerasyon: Ultrafast BT veya elektron beam CT (EBBT) olarak adlandırılır. Kardiak çalışmalar için geliştirilmiştir. Bu sistemde X ışını demeti yoktur. Bir elektron tabancasından çıkan elektronlar hasta çevresindeki halka şeklinde sabit olarak yerleştirilmiş tungsten anota çarptırılarak X ışını üretilir. Tarama süresi 50 milisaniyeye düşürülmüştür. Kalbin çalışırken kesit görüntüsünü canlı olarak izlemek mümkündür.

Altıncı jenerasyon: Helikal BT dir. Tüpün devamlı dönmesi sürecinde hasta masası kayar. Tüp dairesel olarak döner, ancak hasta masası devamlı kaydığı için x ışını demeti incelenen vücut bloğunda izlediği yol zorunlu olarak helikaldir. Tarama süresi çok kısalmıştır. Tüm abdomen nefes tutma esnasında 30 saniyede taranır. Bu hız hareket artefaktını önler, verilen kontrast madde miktarını azaltır (97).

Yedinci jenerasyon: Çok kesitli çok detektörlü BT'ler. Günümüzde çok detektörlü BT'ler Pozitron Emisyon Tomografi (PET) ile birlikte imal edilerek PET-BT şeklinde de kullanılmaya başlamıştır. Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ile görüntü kalitesi artmakta, BT kullanım alanını genişletmektedir. (rutin tarama ve özel alanlarda kullanım).

Çok kesitli BT: X-ışınlarının daha etkin kullanılmasıyla daha uzun mesafeler z-ekseni çözünürlüğünü koruyarak taranabilir. Bu amaçla çoğul sıralı dedektör dizaynı geliştirilmiştir. Tüp-dedektör donanımı 3. kuşak ve helikal BT' de olduğu gibi eş zamanlı dönen X-ışın tüpü ve körvilineer dedektör dizisinden oluşur. Bu sistemde helikal BT'den farklı olarak dedektörler tek sıra değil, 2 veya daha fazla (4, 16,32, 40, 64 vb) sıra halinde dizilmiş, her biri 500-900 solid-state yapıdaki dedektör elemanından oluşan iki boyutlu matriks yapısındadır. Her bir dedektör sırası bir veri algılama sistemine bağlanarak kanal sayısı kadar uzaysal veri elde edilir. Dedektör

sıra sayısının artması x-ışının etkin kullanımını sağlayarak veri alma kapasitesini dramatik olarak arttırmaktadır. Gantri rotasyon zamanlarının da düşük olması nedeniyle bu cihazların performansı arttırılmıştır. Bu gelişme daha kısa görüntüleme süresi, daha uzun görüntüleme mesafesi ve daha ince kesit kalınlığı amacıyla kullanılabilir. Örneğin, 0,5 sn rotasyon zamanlı ve 4-dedektör sıralı bir cihazın performansı 1 sn rotasyon zamanı tek sıra detektörlü helikal BT'ye göre 6 kat daha iyidir. Bu aynı kesit kalınlığı için 8 kat daha hız, aynı mesafe için 8 kat daha ince kesit veya aynı sürede 8 kat daha uzun mesafe taraması şeklinde kullanılabilir. Çok kesitli BT' de dedektör sıra sayısı kesit sayısından daha fazla olduğundan çok detektörlü BT yerine çok kesitli BT terimini kullanılabilir (4-kesit BT için, General Electrics'te 16 sıra, Philips ve Siemens'te 8 sıra, Toshiba'da ise 34 sıra dedektör bulunur). Dedektör sıralarının sayısı, tasarımı ve dizilimin kalınlığı üretici firmalar arasında farklılık gösterir.

Dedektör sırası tasarımı: Dedektör tasarımları üç ana grupta incelenebilir: matriks, adaptif ve hibrid dedektörler. Matriks diziliminde z-ekseni boyunca dedektör elemanlarının boyutları eşittir. General Electrics (GE)'nin 4 ve 8'li sistemlerinde bu tasarım kullanılır (4-kesit BT' de her biri 1.25mm kalınlıkta 16 dedektör elemanı, toplam kalınlık 20 mm). Adaptif tasarımda ise dedektör elemanlarının boyutları merkezden periferik doğru kalınlaşır. Bu dizilimin mantığı dedektörler arasındaki septa sayısının periferik doğru azalması ve oblik gelen x-ışınlarının septumlarca emiliminin azaltılarak geometrik doz etkinliğimin arttırılmasıdır. Philips ve Siemens'in çok kesitli BT'lerinde bu adaptif tasarım kullanılır (en içte 2 adet 1mm kalınlıkta ve her iki tarafta iki tane 1.5mm, iki tane 2.5mm ve iki tane 5mm kalınlıkta olmak üzere toplam 20mm kalınlıkta 8 farklı dedektör elemanı).

Toshiba'nın kullanıldığı hibrid dizilim ise en içteki dedektör elemanlarının dıştakilerden daha ince olması dışında matriks dedektörlere benzer (4- kesit BT için en içte 4 tane 0.5mm kalınlıkta ve her iki tarafta 16'sar tane 1mm kalınlıkta olmak üzere toplam kalınlığı 32mm olan 34 dedektör elemanı). 16'lı ve daha yüksek BT'lerde hibrid dizilim kullanılır.

Dedektörler arasındaki yaklaşık 0.06mm kalınlıktaki ışını emen ama bilgi üretmeyen septa nedeniyle ÇKBT'lerde ve özellikle matriks dizilimde dedektör etkinliği düşüktür. Bu da hastaya verilen radyasyon dozunun fazla olması anlamına gelmektedir. Ancak ÇKBT'de ışın kolimasyonunun fokal spot boyutuna oranı yüksek olduğundan umbra/penumbra oranı da yüksektir. Genel olarak dedektör sıra sayısı arttıkça x-ışını kullanım etkinliği arttığından radyasyon dozu azalır.

Kesit kalınlığı seçimi: ÇKBT'de kesit kalınlığı hasta öncesi ve sonrası kolimasyon ve veri alma sistemi ile kombine edilecek dedektör sıra sayısına belirlenir. Dolayısıyla 4 kesitli BT'de 4 x 5mm, 4 x 2,5mm, 4x1mm ve 2x0.5mm kalınlıkta kesitler almak mümkündür. Sistemdeki minimum kesit kalınlığı en küçük dedektör elemanının z-eksenindeki genişliğince belirlenir.

Çok Kesitli BT' de pitch: Farklı ÇKBT üreticilerinin pitch için farklı tanımlamalar yapması kafa karışıklığına yol açmaktadır. Doğru olan evrensel pitch tarifine uyularak pitch'in bir rotasyondaki masa hareketinin total kolimasyona (ışın demetinin toplam kalınlığı) oranı şeklindeki tarifidir. Bazı üreticilerin önceleri dedektör pitch'i (masa hareketinin dedektör kolimasyonuna oranı) kullanması yüksek pitch değerlerine yol açtığından (4-kesitli BT için 1-8, 16-kesit BT için 2-30), kafa karışıklığını önlemek ve pitch ile radyasyon dozu arasındaki ilişkiyi korumak amacıyla, artık bu tarif terk edilmiştir. Örn.4x2.5mm kolimasyon kullanıldığında,

masa hareketi 0.5 saniye rotasyonda 15mm (30 mm/s) ise, pitch değeri 1.5 ($15/4 \times 2.5 = 15/10$) olur.

Görüntü rekonstrüksiyonu: Helikal BT’ de olduğu gibi ÇKBT de aksiyal kesitler almak için veri interpolasyonu gereklidir. ÇKBT’de dedektörler iki boyutlu olduğundan gelen x-ışın demeti de iki boyutlu ve konik şeklindedir. Dedektörlere konik şeklinde ve belli bir açıyla gelen ışın demeti gantri merkezinin dışında kalan bölgelerde artefaktlara yol açabilir. Yani, aynı yapı tüpün dönüşü süresince farklı dedektör elemanlarınca görülür, bu özellikle dönüş ekseninin merkezinin uzağında kalan yapılarda daha belirgindir (koni açısı problemi). Bunu önlemek için helikal BT’ de kullanılan lineer interpolasyon değil, daha sofistike algoritmalar kullanılmalıdır.

Çok Kesitli Lineer İnterpolasyon (ÇLİ): Dört-kesit BT’lerde kullanılan algoritma helikal BT’lerde kullanılanın bir analogudur. Her bir projeksiyon açısı için görüntü düzlemine en yakın 2 projeksiyon açısı için görüntü düzlemine en yakın 2 projeksiyon verisi kullanılır (360° ÇLİ için sadece gerçek spiral kümeleri, 180° ÇLİ için ise gerçeğe ek olarak dedektör-tüp arasındaki sanal spiral kümeleri). Örneklememe paternlerine bağlı olarak ÇLİ’ların pitch ile ilişkileri helikal BT’ de olduğundan daha kompleksir.

Philips ve Siemens interpolasyon algoritmalarının pitch’den bağımsız yaparken, GE 4, 8 ve 16 kesit cihazlarında uygun veri örnekleme için tercih edilecek pitch değerleri önermektedir. Ayrıca Siemens kesit kalınlığı, gürültü ve radyasyon dozunu örnekleme paterninden bağımsız hale getirmek için z-filtre interpolasyonu ve koni açısı rekonstrüksiyonunu geliştirmiştir.

Z-filtre interpolasyonu: 4 ve 8 kesit alan BT cihazlarında kullanılan bu yöntemde dedektörlerden sadece görüntü düzlemine en yakın iki projeksiyon değil,

çok sayıda projeksiyon kullanılır (çok noktalı interpolasyon). Sonra bunlar görüntü düzlemine olan uzaklıklarına göre değerlendirilir. Z-filtre ekseninin negatif tarafındaki kenar keskinliğini arttıran bölümünü de hesaba katarak, pitch'in uygun olmadığı durumlarda bile kesit kalınlığının kolimasyona eşit olmasını sağlar. Ancak bu filtre işlemi gürültüyü arttırır. Geniş filtre fonksiyonu kullanılarak gürültü azaltır ve kesit kalınlığı genişler. Üretici firmalara bağlı olarak, seçilen kolimasyon ile rekonstrükte edilen görüntünün kesit kalınlığının değişik kombinasyonları mevcuttur. İlke olarak kesit kalınlığı kolimasyona eşit veya daha büyüktür.

Koni demeti interpolasyonu: Z-filtre interpolasyonunda da ışınların paralel olduğu varsayılır, ancak özellikle 16 ve daha çok kesitli BT'lerde ışınların z-ekseni boyunca dağılması (diverjans) belirgin olduğundan özellikle santraldeki dedektör ekseninin dışında kalan noktalarda artefaktlar (koni açısı) ortaya çıkar. Bunu düzeltmek için daha karmaşık hesaplamalar gereklidir. Philips ve Toshiba gerçek 3-boyutlu koni demeti algoritması (Philips:Coriba, Toshiba:ConeView) kullanmaktadır. Bunlar verileri voksel voksel değerlendirerek her ayrıntının son görüntüde görülmesini sağlamaktadır. GE (CrossBeam, Hyperplane) ve Siemens (AMPR) kendi 2-boyutlu fanbeam rekonstrüksiyon algoritmalarını geliştirerek önce spirallere göre uyarlanmış oblik düzlemde rekonstrüksiyon yapmakta, sonra bunlar aksiyal kesit olarak interpolate edilmektedir.

Çok kesitli BT' de gürültü: Dört-kesit BT'lerde görüntüdeki gürültü seçilen kesit kalınlığına ve z-filtreleme veya koni açısı algoritmasına bağlıdır. Z-filtreleme gürültü ve kesit kalınlığı arasındaki ilişkiyi iyileştirir ve 180 derece interpolasyona göre gürültüyü azaltır. Siemens'in kullandığı adaptif z-filtre işlemi gürültü ve kesit kalınlığını pitch' den bağımsız hale getirmiştir. Toshiba' da kullanıcının seçtiği kesit

kalınlığına göre sistem uygun z-filtre seçmektedir.

Çok kesitli BT' nin avantajları: Helikal BT'nin avantajlarının tümü ÇKBT de mevcuttur, ayrıca performansı Helikal BT' ye göre daha yüksek olduğundan daha uzun mesafeler, daha ince kesitlerle daha kısa sürelerde taranabilir. Çok fazlı (multifazik) ve dinamik çalışmalar ve fonksiyonel BT daha etkin yapılabilir, multiplanar rekonstrüksiyon (MPR), MİP (maksimum intensite projeksiyonu), 3 boyutlu rekonstrüksiyon, hacimsel gösterim (volume rendering), BT anjiyografi, BT endoskopi ve BT floroskopi kalitesi helikal BT' ye göre daha yüksektir. Uzun mesafelerin taranabilmesi özellikle travma hastalarında, tetkik süresinin kısalması ise çocuk ve bilinç bulanıklığı olan hastalarda harekete bağlı artefaktlar da en aza indirir. Açılı inceleme gerektiren yapılarda hastaya veya gantriye açı vermeden tarama yapılıp, daha sonra istenilen açıda ve alanda görüntü oluşturulabilir (95-97).

Çok kesitli BT de çözünürlük:

BT nin oluşturduğu görüntülerin kalitesini belirleyen en önemli parametre çözünürlüktür. İki çeşit çözünürlükten bahsedilebilir: a) Temporal çözünürlük b) Uzaysal Çözünürlük

a- Temporal Çözünürlük

Temporal çözünürlük gantri rotasyon süresinin yarısına eşittir. Görüntünün rekonstrüksiyonunu yapmak için gerekli tarama verisinin elde edilmesi sırasında geçen sürenin miktarı temporal çözünürlük olarak tanımlanır (98). Çok kesitli BT için temporal çözünürlük cihazın tek bir gantri rotasyonunu tamamlama süresine bağlıdır. Bununla birlikte kısmi tarama rekonstrüksiyon yöntemlerinin kullanılması ile değiştirilebilir. Bu yöntemle yaklaşık 240 derecelik gantri rotasyonu ile elde

edilen verilerden tekrar görüntü oluşturulur (99).

b-Uzaysal Çözünürlük

Komşu objeleri ayırabilme yeteneğidir ve voksel boyutunun bir fonksiyonudur. Vokselin boyutu pikselin yüzeyi ile kesit kalınlığının çarpımı ile hesaplanır. Piksel minik bir kare şeklindedir ve bu karenin boyutunu görüntü alanının(FOV) ve matrisin boyutu belirler. Pikselin boyutu görüntü alanının matris boyutuna bölünmesi ile elde edilir. Uzaysal çözünürlüğün diğer bir bileşeni kenar bulanıklığıdır. Kenar bulanıklığını etkileyen temel faktör fokal spot boyutudur. Fokal spot boyutu küçüldükçe kenar bulanıklığı azalır uzaysal çözümleme artar. Uzaysal çözünürlüğü etkileyen diğer nedenler ışın ve projeksiyon sayısıdır. FOV’u değiştirmemek şartı ile ışın sayısını arttırmak uzaysal çözünürlüğü elirgin şekilde arttırır. FOV sabitken dedektör “pitch” değeri azaldıkça ışın sayısı artar. Projeksiyon sayısının artması ile de artefaktsız, uzaysal çözünürlüğü artmış görüntüler elde edilir.

Tarama Zamanı:

Tarama zamanı cihazın rotasyon süresinin yanı sıra incelenecek bölgenin uzunluğuna da bağlıdır. Cihazın kesit sayısı ve rotasyon hızı yüksek ise, uzaysal çözünürlükte sınırlama olmaksızın tarama süresi, dolayısıyla da nefes tutma süresi kısalmır.

İnce Kesit Kalınlıkları

Konvansiyonel helikal cihazlardan farklı olarak, ÇKBT cihazları artmış hızları sayesinde klasik kesit taramasından çok, bir anlamda “hacim taraması” yapmaktadır. Yüksek kalitede hacim bilgisi için longitudinal düzlemdeki (Z eksenindeki) çözünürlüğün yeterli olması gerekmektedir. Z eksen çözünürlüğünü belirleyen başlıca etken kesit kalınlığıdır. Dedektör teknolojisindeki iyileştirmelerle

minimum kesit kalınlığı giderek düşürülmektedir. Böylece 16 kesitli sistemlerden sonra ulaşılan anizotropik voksel geometrisi sayesinde multiplanar reformasyonlar ve üç boyutlu görüntüleme optimal görsel keskinlikle yapılabilmektedir (98).

Gantri Rotasyon Süresi

Çok kısa bir zaman içerisinde helikal cihazlarda da rotasyon süreleri 1 sn'nin altına indirilmiştir. Gantri rotasyon süresinin bu denli kısalması hareket artefaktlarını belirgin olarak azalttığı gibi aynı süre içinde daha geniş anatomik bölgelerin taranabilmesi olanağını doğurmuş ve longitudinal (z eksen) çözünürlüğü de artırmıştır. Tarama zamanının 1 sn'nin altına indirilmesi için gantri çiziminde (design), gantri motorunda, veri ileti düzeninde (data transmission system-DAS) ve X-ışın tüpünde bazı değişikliklerin yapılması gerekmiştir. Tarama zamanı 1 sn'den 0.5 sn'ye indiğinde gantriye uygulanan merkezkaç kuvvette 4 kat artış oluşmaktadır. Gantrinin bu kuvvet artışını karşılamak üzere yeniden biçimlendirilmesi gerekmektedir. Yine tarama zamanı kıaldıkça birim zamanında ölçülen veri miktarı artmaktadır. Bu miktardaki verinin iletimi düşük voltajlı slip-ring yönteminden farklı, daha yüksek hacimli ve hızlı veri iletim sistemlerine ihtiyaç doğurmuştur. Tarama zamanının kısalması tüpe uygulanan merkezkaç kuvvetini arttırdığı gibi tüpün ürettiği X-ışını miktarının artmasını ve dolayısıyla tüpün soğutma yeteneğinin iyileştirilmesini de gerektirmiştir (94).

Görüntü Rekonstrüksiyonu

ÇKBT cihazlarında konvansiyonel helikal cihazlardan farklı görüntü rekonstrüksiyon algoritmaları kullanılmaktadır. ÇKBT cihazlarında dedektör iki boyutlu olduğundan tüpten çıkan X-ışını huzmesi de iki boyutludur, yani koni şeklindedir. Konvansiyonel rekonstrüksiyon yöntemlerinin kullanılması durumunda,

koni içinde belli bir açıyla dedektör elemanlarına gelen X ışınları artefaktlara yol açabilir. Bu artefaktların giderilebilmesi için ÇKBT cihazlarında, konvansiyonel helikal cihazlarda kullanılan 180 derece lineer interpolasyon algoritması değil, çok noktalı (multipoint) interpolasyon ile görüntüler rekonstrükte edilmektedir (100,101). Bu şekilde konvansiyonel helikal tekniğe göre daha yüksek kalitede görüntü kalitesi elde edilebilmektedir.

Multipoint rekonstrüksiyon algoritmasında verilerin örnekleme de optimize edilmiştir. Optimize edilmiş örnekleme adı verilen bu yöntemin amacı longitudinal yönde veri örnekleme miktarını arttırmak, yani daha fazla ölçüm bilgisi elde etmek ve böylece sinyal/gürültü oranını arttırmaktır (101). Bu nedenle tamamlayıcı verilerin görüntü kalitesine bir katkısı olamamaktadır. Dolayısıyla böyle bir sistemde helikal pitch faktörü 3,5, 4,5 gibi kesirli sayılardan seçilmektedir. Böylece ortaya paradoksal bir sonuç çıkmaktadır. Konvansiyonel yöntemle göre daha fazla ölçüm verisi kullanılmasına olanak veren optimal örnekleme yöntemi sayesinde, ÇKBT cihazlarında aynı dozun kullanılması durumunda Sinyalgürültü oranı konvansiyonel BT cihazlarına göre % 20 nispetinde artmaktadır.

Görüntü rekonstrüksiyonunda ÇKBT ile çok noktalı interpolasyon algoritması dışında, Z filtre rekonstrüksiyon algoritması adı verilen bir teknik de kullanılmaktadır. Z filtre rekonstrüksiyonunda uygun Z kernelleri seçilerek, tek bir helikal veri kümesinden farklı kesit kalınlıklarında çok sayıda görüntü serisi oluşturulabilmektedir (100). Buradaki ilke standart veya akciğer kernelleri ile yapılan görüntü rekonstrüksiyonuna benzemektedir. Nasıl bu kernellerde düzlem içi (in-plane) frekans yanıtı değiştirilerek standart veya akciğer algoritmasında görüntüler oluşturuluyorsa, Z kernelleriyle de kabaca benzer bir biçimde Z eksenindeki frekans

yanıtı değiştirilmekte ve bu şekilde farklı kesit kalınlıklarında görüntüler oluşturulabilmektedir (100).

Yeniliklerin Görüntü ve Tarama Parametrelerine Etkisi

a- Tarama Hızında Artış

Pitch faktörünün artması ve gantri rotasyon süresinin kısalması (0,5 sn ve altına inmesi) çok kesitli BT sistemlerindeki hızın artmasına neden olmaktadır. Bu iki etki birleştirildiğinde, örneğin 8 segmentli bir cihaz konvansiyonel helikal cihaza göre 16 kat, 16 segmentli bir cihaz 32 kat hızlı tarama yapabilmektedir. Burada bilinmesi gereken bir nokta daha vardır. Tarama hızındaki bu 16 ya da 32 kat artış her kesit kalınlığı için geçerli değildir. Düşük kesit kalınlıklarında maksimum hız mümkün olmakta, ancak kesit kalınlığı arttıkça bu şans azalmaktadır.

Çok kesitli BT cihazlarının kullanıma girmesiyle pitch kavramı iki farklı şekilde tanımlanır olmuştur. Pitch 360 derece rotasyon süresince olan masa hareket miktarının tek kesit kalınlığına oranı olarak hesaplanabileceği gibi, 360 derece rotasyon süresince olan masa hareket miktarının toplam ışın demeti genişliğine (total beam width) oranı şeklinde de hesaplanabilir (102). İkinci yöntemde, örneğin 3 ve 6 gibi pitch değerleri kullanılmaktadır. Bu sistemlerde pitch'in 3 olarak kullanıldığı tarama modları yüksek kalite, pitch'in 6 olarak kullanıldığı tarama modları hızlı olarak tanımlanmaktadır.

Uzaysal çözünürlüğün önemli olduğu klinik durumlarda 3 pitch'in, yüksek hacimlerin kısa zamanda taranmasının gerekli olduğu durumlarda 6 pitch'in kullanılması önerilmektedir. Bazı üreticiler konvansiyonel helikal cihazlarda kullanılan pitch kavramıyla örtüşmesi amacıyla pitch'i yukarıda belirtilen ikinci

formülle, yani rotasyon süresince olan masa hareketini toplam ışın demeti genişliğine bölerek hesaplamakta ve beam pitch olarak adlandırmaktadırlar. Tarama hızının konvansiyonel helikal cihazlara ve sisteme göre 64 kata varan miktarlarda artması daha geniş hacimlerin daha kısa sürelerde taranması olanağını getirmiştir. Buna bağlı avantajlar şöyle sıralanabilir (103);

1. Rutin incelemelerin daha kısa sürelerde (nefes tutma süresinde) bitirilmesi solunum denetimsizliğinden kaynaklanan artefaktları gidermiştir. Örneğin 30 cm genişliğindeki toraks incelemesi konvansiyonel helikal bir cihazda 30 sn sürerken çok kesitli cihazlarda daha ince kesit kalınlıkları ile 5–9 sn arasında tamamlanabilmektedir.

2. Hızlı tarama yeteneği travma hastalarının incelenmesinde vazgeçilmez bir avantajdır. Bu hastalarda çok kısa sürelerde tüm vücut taraması yapılabilir.

3. Aynı şekilde çocuk yaş grubunda ve kooperasyon gösteremeyen hastalarda ÇKBT çok hızlı bir biçimde incelemenin tamamlanabilmesini sağlamaktadır.

4. ÇKBT teknolojisinin gelişmesi BT anjiyografi uygulamalarında çığır açmıştır. Pulmoner emboli hastalarında önceleri mümkün olmayan subsegmental düzeydeki embolilerin değerlendirilmesi ÇKBT cihazlarıyla mümkün olabilecektir. Aort diseksiyonu, aort anevrizması ekstremit arterlerinin aterosklerotik lezyonları, renal arter patolojileri, mezenter iskemisi, pankreas, bilier ağaç, karaciğer ve böbrek neoplazmalarında arteriyel ve venöz tutulumun araştırılması, karaciğer transplantasyonlarında hepatik arteriyel, portal ve hepatik venöz anatomisinin preoperatif değerlendirilmesi gibi birçok uygulama ÇKBT cihazlarıyla daha yüksek longitudinal rezolüsyonla yapılabilmekte, longitudinal çözünürlüğün artmasıyla daha kaliteli 3 boyutlu uygulamalar mümkün olmaktadır. Yüksek tarama hızının ince kesit

kalınlıklarıyla birleştirilmesi sayesinde Willis poligonu damar yapıları BT anjiyografi ile de değerlendirilebilir hale gelmiştir (102).

5. Çok kesitli BT sistemleri çok fazlı kontrastlı çalışmalara olanak sağlamaktadır. Örneğin karaciğerde üst üste iki kere arteriyel faz taraması yapılabilmektedir. Bu şekilde siroz hastalarında daha çok sayıda erken evre karaciğer kanseri yakalandığını gösteren çalışmalar mevcuttur (104).

6. Tarama hızının artması özellikle BT anjiyografi uygulamalarında kontrast madde dozundan tasarruf edilmesine imkan vermektedir. Örneğin pulmoner arter BT anjiyografide daha önceleri 140 -160 cc arasında değişen doz gereksinimi yeni cihazlarla 100 cc'nin altına indirilmiştir.

b- Kesit Kalınlığında Azalma

Günümüzde ÇKBT cihazlarında minimum kesit kalınlığı 0,5-0,62 mm arasında değişmektedir. Daha ince kesit kalınlıkları uzaysal çözünürlüğü arttırmakta ve kısmi hacim etkisini azaltmaktadır.

ÇKBT sayesinde bu denli ince kesit kalınlıkları ile birçok anatomik bölge taranabilmekte, elde olunan izotropik görüntülerle yüksek kalitede reformat, multiprojeeksiyon, volüm reformat ve 3 boyutlu rekonstrüksiyonlar yapılabilmektedir.

c- X-Işınından Yararlanma Faktöründe Artış

X-ışını istifade faktörü konvansiyonel helikal cihazlara göre daha yüksektir. Bunun nedeni yalın olarak şöyle açıklanabilir; ÇKBT'de X-ışını demetinin longitudinal yöndeki toplam kalınlığı konvansiyonel helikal cihazlara göre daha fazladır.

Böylece konvansiyonel helikal cihazlarda kullanılmayan, bir anlamda ziyan edilen X ışınları çok kesitli sistemlerde veri eldesi amacıyla kullanılmaktadır. X-ışını

istifade faktöründeki bu artış tüp yüklenmesini azaltmakta, helikal taramanın tüp soğuması için bekleme süresi olmaksızın daha uzun süreler devam edebilmesine olanak tanımaktadır (101). X ışını yararlanma faktörünün artması nedeniyle tüp ömrü de belirgin olarak uzamaktadır (101).

d- Gantri Rotasyon Süresinin Kısılması

Onaltı detektörlü ÇKBT cihazlarında gantri rotasyon süreleri 0,42 sn kadar inmiştir. Böylelikle 210 msn'ye inen temporal çözünürlük sağlanabilmektedir.

Multiplanar Rekonstrüksiyonlar (MPR)

Multiplanar rekonstrüksiyonlar voksellerin yeniden başka bir planda dizilmesi ile oluşturulur. Yakın “izotropik” doğası nedeniyle (x, y ve z eksenlerinde eşit vokselle boyutları), görüntü verileri, aksiyel kesitlerdekiyle yakın kalitede görüntü niteliğine sahip, isteğe bağlı olarak tekrar düzenlenebilir. Aksiyel planda izlenen bir plağın sagittal ve koronal planlarda da değerlendirilerek natürü ve lokalizasyonu hakkında daha doğru veriler elde edilebilir (105).

Ek bir seçenek de özellikle arterlerin seyrini takip etmede yararlı olan *curved* multiplanar rekonstrüksiyonlardır. Curved görüntüler tek bir plandaki görüntülerden kullanıcının yönlendirmesi ile oluşturulur. Ancak tek seferde yalnızca tek bir damar ya da dal için görüntü oluşturulur. Ayrıca bu tekniğin küçük çaplı damarlarda kullanımı sınırlı olup kontrast madde ve kalsifikasyon ayrımı bu teknikle zordur.

Üç Boyutlu Görüntüler(Hacim Rekonstrüksiyon teknikleri)

Kraniofasiyel cerrahi, radyoterapi, aortik stentleme gibi işlemlerin planlanmasında kullanılmaktadır. İki yöntemi vardır; Hacim hesaplama(“volüm rendering”) ve reprojeksiyon.

Volüm rendering yöntemine ilgi azalmıştır, daha çok reprojeksiyon(maksimum intensite projeksiyon-MIP) yöntemi kullanılmaktadır.

Gerçekte üç boyutlu bir görüntüleme değildir, değişik açılardan yapılan görüntüler sine modunda gösterilerek 3-boyutluluk sağlanmış olur.

Bu tekniklerin en önemli klinik uygulaması anjiyografidir. BT-anjiyografi adı verilen bu yöntemde kontrastlı damar kesitlerinden MIP yöntemi ile anjiyografik görüntüler elde edilir.

Üç boyutlu reformasyonların diğer kullanım alanları kraniyum ve pelvis gibi küresel kemik yapıların kırıklarına bağlı deformasyonların görüntülenmesi ve sanal endoskopidir (106).

Radyasyon Dozu

ÇKBT kullanımı ile birlikte hasta radyasyon dozunun arttığı yönünde başta genel bir kanı oluşmuştur. Ancak yapılan deneysel çalışmalar sonucunda ortaya çıkan sonuç çekim parametrelerinin görüntü kalitesini bozmayacak şekilde ayarlanması ile radyasyon dozunun spiral BT çekimlerinden farklı olmadığıdır.

ÇKBT çekimlerinde pitch 1'in altında kullanıldığında, rotasyon sırasında üst üste binen kesitler nedeni ile radyasyon dozu artar ancak bu durumlarda *effektif mAs* azaltılması ile eşit sinyal-gürültü oranına sahip görüntüler elde edilebilir. Ayrıca pitch değerinin arttırılmasıyla üst üste binen (overlapping) kesitler azalacağından, hasta radyasyon dozu da azaltılabilir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma, Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyoloji Ünitesinde retrospektif arşiv çalışması olarak gerçekleştirilmiş olup, çalışma protokolü yerel etik kurul tarafından onaylanmıştır.

Çalışmaya 2006-2012 yılları arasında, Dicle Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Radyoloji Ünitesinde, künt ve penetran olmak üzere torakoabdominal travma nedeni ile ÇKBT incelemesi yapılmış hastalar içerisinde, diyafragma rüptürü nedeni ile cerrahi prosedür uygulanmış olan hastalar dahil edildi.

Hastalar; yaş ve cinsiyet, yaralanma nedeni (penetran veya künt), yaralanan taraf, eşlik eden diğer organ yaralanmaları, diyafragma yaralanmasına sekonder gelişen organların intratorasik herniasyonu, askıda iç organ işareti (dependent vissera sign), yaka işareti (collar sign), diyafragmatik defektin direkt izlenmesi, diyafragmada anormal kalınlaşma, diyafragma çevresinde kontrast ekstravazasyonu, ayrıca sağ taraf yaralanmalarında yaka işaretinin varyantları olan hörgüç işareti (hump sign) ve bant işareti (band sign), penetran yaralanmaya ait trase gibi radyolojik özel işaretler açısından değerlendirildi.

Hastaların radyolojik incelemeleri 16 dedektörlü BT (Toshiba Activion, Toshiba Medikal System Corporation, 1385, Shimoishigami, Ottowara-SHI, Tochigi 324-8550, JAPAN) ve 64 dedektörlü BT (Brilliance BT cihazı, Philips Medical Systems, Cleveland, Ohio) cihazları ile non iyonik intravenöz kontrast madde verilerek yapıldı. Yaralanmanın etyolojik nedenine ve şiddetine bağlı olarak toraks, üst ve alt batin bölgelerini içine alacak şekilde travma protokolüne uygun çekimler yapıldı. Çekim öncesi tüm hastalara ön kol veninden 18-20 G bir kateter aracılığı ile damar yolu açıldı. İnceleme sırasında bilinci yerinde olan hastalara nefes tutturuldu.

İnceleme supin pozisyonda yapıldı. Artefakt oluşturmaması için her iki kola baş hizasında olacak şekilde pozisyon verildi.

Toraks için akciğer apeksinden diyafragma seviyesine kadar olan bölge alındı, FOV=350mm, 120 kv, 210 mas, 16x1.0 veya 64x0.625 kolimasyon, pitch değeri 1, rotasyon zamanı 16 dedektörlü BT için 0,75sn, 64 dedektörlü BT için ise 1sn, ve kesit kalınlığı 3 mm ile tarama yapıldı. İ.V yolla 60 cc'lik enjektörler aracılığı ile 70-100 mL non-iyonik kontrast madde; 2-2,5mL/sn hız ile manüel olarak verildi. Kontrast madde enjeksiyonu sonrasında 40-65 sn gecikme ile kesitler alınmaya başlandı. Tüm batın için ise diyafragma kubbeleri üzerinden simfizis pubis bitimine kadar olan bölge alındı, FOV=350-420mm, 120kv, 250 mas, 64x0.625 veya 16x1.0 kolimasyon, pitch değeri 1, rotasyon zamanı 16 dedektörlü BT için 0,75sn, 64 dedektörlü BT içi ise 1sn, kesit kalınlığı 3mm ile tarama yapıldı. İ.V yol aracılığı ile 70-100 mL non-iyonik kontrast madde; 2-2,5mL/sn hızla gidecek şekilde manüel olarak verildi. Kontrast madde enjeksiyonu sonrasında 40-65 sn gecikme ile kesitler alınmaya başlandı. Hem toraks hemde batını içine alan travmalarda ise akciğer apeksinden simfizis pubis bitimine kadar olan bölge, tüm batın protokolüne benzer parametreler ile tarandı.

Alınan görüntüler, iş istasyonunda (Philips Extented Brilliance Workspace Philips Medical systems, Best The Netherlands) travmatik diyafragma rüptüründe deneyimli iki radyolog tarafından değerlendirildi. Görüntüler değerlendirilirken çift konsol kullanıldı. Birinci konsolda aksiyel görüntüler, ikinci konsolda ise sagittal ve koronal MPR görüntüler elde edildi. Bazı hastalarda VR görüntüler de değerlendirmeye alındı. Normal diyafragmanın VR görüntüleri resimler ile olgular kısmında verilmiştir. Her hastanın inceleme süresi yaklaşık 10dk idi.

Hastalara 16 ve 64 dedektörlü BT cihazları ile yapılan çekimlerde kullanılan parametreler tablo 1 ve tablo 2’de belirtilmiştir.

Tablo 1: Toraks için kullanılan BT parametreleri

	16 dedektörlü BT	64 Dedektörlü BT
Kolimasyon	16x1.0	64x0,625
Pitch	1	1
Thickness	3mm	3mm
Rotation time	0,75sn	1sn
Increment	3mm	1,5mm
FOV	350 mm	350 mm
Kvp	120	120
Matrix	512	512
MAS	220	250
Gecikme süresi	40-65sn	40-65sn
Kontrast madde miktarı	70-100mL	70-100mL
Verilme hızı	2-2,5mL/sn	2-2,5mL/sn

Tablo 2: Tüm batın için kullanılan BT parametreleri

	16 dedektörlü BT	64 Dedektörlü BT
Kolimasyon	16x1.0	64x0,625
Pitch	1	1
Thickness	3mm	3mm
Rotation time	0,75sn	1sn
İcrement	3mm	1,5mm
FOV	350-420 mm	350-420 mm
Kvp	120	120
Matrix	512	512
MAS	250	250
Gecikme süresi	40-65sn	40-65sn
Kontrast madde miktarı	70-100mL	70-100mL
Verilme hızı	2-2,5mL/sn	2-2,5mL/sn

İstatistiksel Değerlendirme

Analize alınan değişken veriler ortalama±standat sapma olarak ifade edildi. Kategorik değişkenler ise yüzde olarak ifade edildi. Kategorik değişkenlerin karşılaştırmalarında ki-kare testi kullanıldı. 2x2 testlerde 5'ten düşük sayılarda Fisher exact test anlamlılık değerleri kullanıldı. $p<0.05$ anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

Çalışmamıza 45 erkek (% 80,3) ve 11 kadın (% 19,7) olmak üzere toplam 56 hasta dahil edildi. Hastaların yaş ortalaması $33,9 \pm 17,1$ (4-84) yıldır.

Yaralanma türü incelendiğinde 37 hastanın (% 66,1) penetran travmaya maruz kaldığı ve bu hastaların 18'inde kesici delici alet yaralanması ve 19 unda ise ateşli silah yaralanması şeklinde geliştiği görüldü. 19 (% 33,9) hasta ise künt travmaya maruz kalmıştı. Künt travma dağılımında çoğunluğun araç içi ve araç dışı trafik kazalarına ait olduğu saptandı (8'er olgu). Diğer hastaların 2 si yüksekten düşme ve biri sele kapılma sonucu yaralanmıştı.

Travma sonucu olguların 37'sinde (% 66,1) sol hemidiyafragma, 19'unda (% 33,9) ise sağ hemidiyafragma yaralanmıştı.

Hastalara cerrahi olarak primer diyafragma onarımı (PDO) ve varsa eşlik eden organ yaralanmasına yönelik cerrahi prosedür uygulandı. 1 olguya prolen mesh yerleştirildi, 1 olguya ise PDO'ya ilaveten prolen mesh takviyesi yapıldı. Olgular ve yapılan cerrahi prosedürler tablo 3 de verilmiştir.

Olguların hepsinde eşlik eden torakoabdominal organ yaralanması mevcuttu: Hastaların 29'unda (% 51,7) akciğer kontüzyonu, 21'inde (37,5) dalak yaralanması 19'unda (% 33,9) karaciğer yaralanması, 7'sinde (% 12,5) mide yaralanması ve sırası ile azalan oranlarda ince barsak, kolon yaralanması, kosta fraktürleri eşlik etmeydi. 1 olguda renal arter ve splenik arter yaralanması mevcuttu. Diyafragma rüptürüne eşlik eden torakoabdominal organ yaralanmaları tablo 4 te verilmiştir.

Tablo 3: Olgular ve yapılan cerrahi işlemler

Cerrahi işlem	Sıklık (n=56)	Taraf		Etyoloji	
		Sağ (n=19)	Sol (n=37)	Penetran(n=37)	Künt (n=19)
Prolen mesh konulması	1		1		1
PDO, prolens mesh takviyesi	1		1		1
PDO	9	2	7	4	5
PDO, tüp torakostomi	18	7	11	10	8
Wedge rezeksiyon+PDO, tüp torakostomi	1	1		1	
PDO, splenektomi	4		5	3	2
PDO; karaciğer onarımı	5	4	1	3	2
PDO, karaciğer ve böbrek onarımı	1	1		1	
PDO, karaciğer, damar onarımı	1	1		1	
PDO, Karaciğer, mide, ince barsak ve kolon onarımı	1	1		1	
PDO, mide onarımı	2		2	2	
PDO, ince barsak onarımı	2	1	1	2	
PDO, mide onarımı, tüp torakostomi	1		1	1	
PDO, splenektomi, tüp torakostomi	2		2	2	
PDO, splenektomi, mide onarımı	2		2	2	
PDO, splenektomi, böbrek onarılması	1	1		1	
PDO, Splenektomi, İnce barsak onarımı	2		1	1	
PDO, splenektomi, karaciğer, kolon onarımı	1		1	1	
PDO, splenektomi, mide ve ince barsak onarımı	1		1	1	

Tablo 4: Diyafragma rüptürüne eşlik eden organ yaralanmaları

Organ	Penetran/Künt	Sağ/Sol	Sıklık (n)	%
Akciğer	19/10	8/21	29	51,7
Dalak	16/5	1/20	21	37,5
Karaciğer	12/7	14/5	19	33,9
Mide	7/0	1/6	7	12,5
Böbrek	2/0	2/0	2	3,5
İnce barsak	6/0	2/4	5	10,5
Kolon	2/0	1/1	2	3,5
Kosta kırığı	5/10	5/10	15	26,7
Damar yaralanması	1/0	-	1	1,8
Hemopnömotoraks	21/10	11/20	31	55,3

Olgularımızın 25'inde (% 44,6) diyafragma defektine eşlik eden organ herniasyonu mevcuttu. Bu olguların 17'si (% 68) künt travma, 8'i (% 32) penetran travma idi. En sık herniye olan organ kolon olup 15 (% 60) olguda, ikinci sırada mide 12 (% 48) olguda saptanmıştır. Bir (% 4) olgumuzda pankreas gövde ve kuyruk kesiminin sol hemitoraksa herniasyonu mevcuttu. Diğer herniye olan organlar ve sıklığı tablo 5 te verilmiştir. 31 olguda (% 55,4) herniasyon saptanmadı. Herniasyon saptanmayanların 29'u (% 93,5) penetran travma, 2 tanesi (% 6,5) ise künt travma hastası idi.

Tablo 5: TDR olgularında herniye olan organlar ve sıklığı

Herniye olan organ	Sıklık (n)	%
Kolon	15	60
Mide	12	48
İnce barsak	8	32
Omentum	7	28
Karaciğer	4	16
Dalak	2	8
Böbrek	2	8
Pankreas	1	4

TDR yönünden radyolojik olarak en sık saptanan bulgu diyafragma defektinin doğrudan izlenmesi olup 30 olguda (% 53,6) saptanmıştır. Diğer bulguların sıklığı tablo 6 da verilmiştir. TDR'ye özel bulguların ÇKBT görüntüleri olgularla resimler bölümünde verilmiştir.

Tablo 6: TDR olgularında radyolojik bulguların sıklığı

Bulgular	Sıklık (n)	%
Defektin doğrudan izlenmesi	30	53,6
Diyafragmada kalınlaşma	22	39,3
Abdominal organ herniasyonu	25	44,6
Diyafragma çevresinde kontrast ekstrevasyonu	4	7,1
Collar sign	21	37,5
Dependent vissera sign	17	30,4
Hump sign	4	7,1
Band sign	4	7,1

Künt travma grubunda radyolojik bulguların sıklığı istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha yüksek bulunmuştur. Her iki travma grubunda (penetran/künt) bulguların karşılaştırılması tablo 7’ de verilmiştir.

Tablo 7: Penetran ve künt travma olgularında radyolojik bulguların karşılaştırılması

Bulgu	Penetran (n=37)	Künt (n=19)	p
Defektin doğrudan izlenmesi	14	16	P=0,001
Collar sign	5	16	<0.0001
Dependen vissera sign	6	11	0.001
Diyafragma kalınlaşması	10	12	0.009
Kontrast ekstremitasyonu	3	1	ad*
Hump sign	0	4	0.041
Band sign	0	4	0.041
Abdominal organ herniasyonu	7	18	<0.0001

*: istatistiksel olarak anlamlı değil

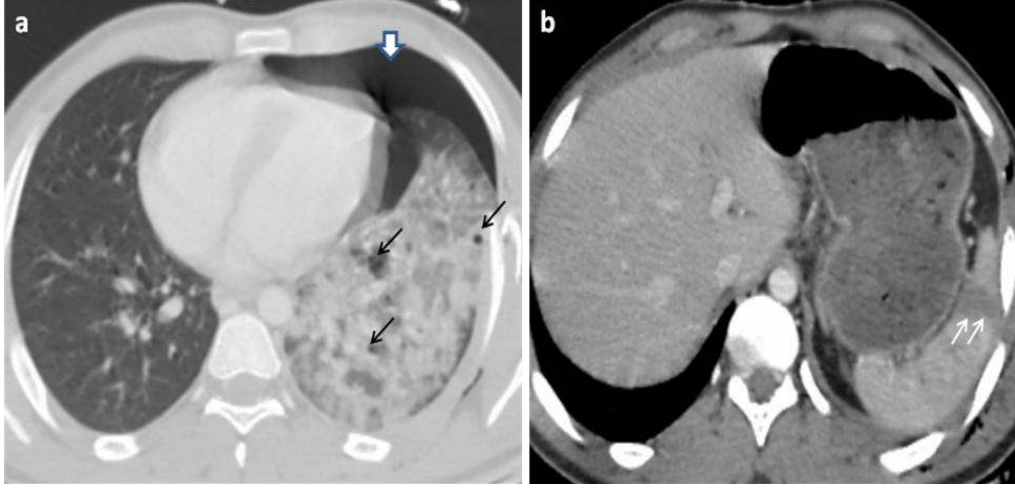
Sağ ve sol hemidiyafragma yaralanmaları karşılaştırıldığında çoğu radyolojik bulgunun varlığında anlamlı olarak farklılık saptanmadı (Tablo 8). Dependent vissera sign ise sol hemidiyafragma yaralanmalarında anlamlı olarak yüksek bulundu.

Tablo 8: Sağ ve sol hemidiyafragma yaralanmalarında radyolojik bulguların karşılaştırılması

Bulgu	Sol hemidiyafragma (n=37)	Sağ hemidiyafragma (n=19)	p
Defektin doğrudan izlenmesi	21	9	ad
Segmental kayıp	17	5	ad
Diyafragma kalınlaşması	16	6	ad
Organ herniasyonu	18	7	ad
Collar sign	15	6	ad
Dependen vissera sign	15	2	0,031
Kontrast ekstrevasyonu	4	0	ad
Hump sign	0	4	0,041
Band sign	0	4	0,041

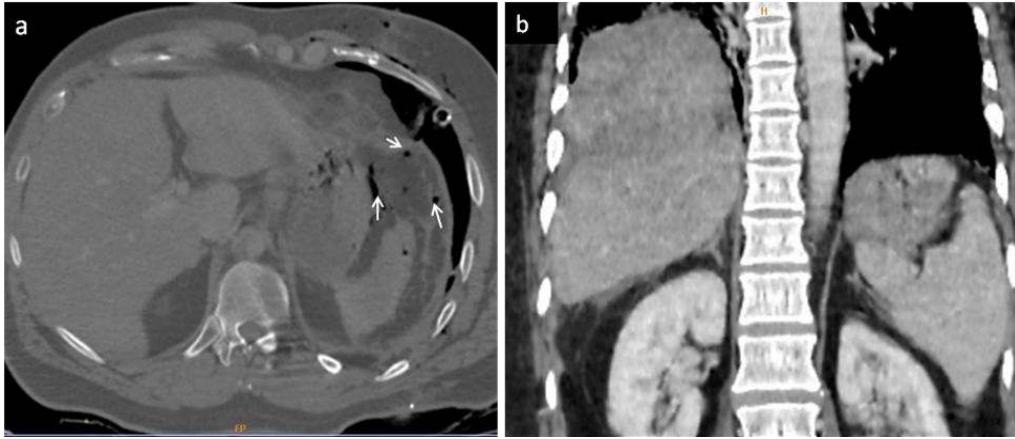
5. RESİMLER İLE OLGU ÖRNEKLERİ

Resim 1: TDR'ye eşlik eden akciğer ve dalak yaralanması



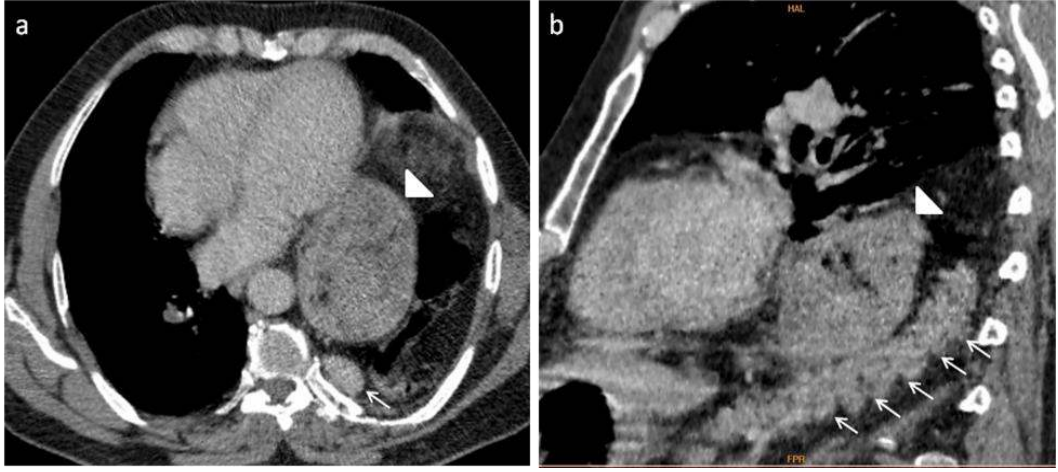
Resim 1: Ateşli silah ile yaralanan olguda Aksiyel BT görüntülerde akciğer penceresinde (a) pnömotoraks (kalın beyaz ok), akciğer kontüzyonuna sekonder oluşan buzlu cam alanları ve laserasyonu düşündüren pnomatoseller (ince siyah oklar), aynı olguda (b) eşlik eden dalak laserasyonu (ince beyaz oklar).

Resim 2: TDR'ye eşlik eden karaciğer ve mide yaralanması



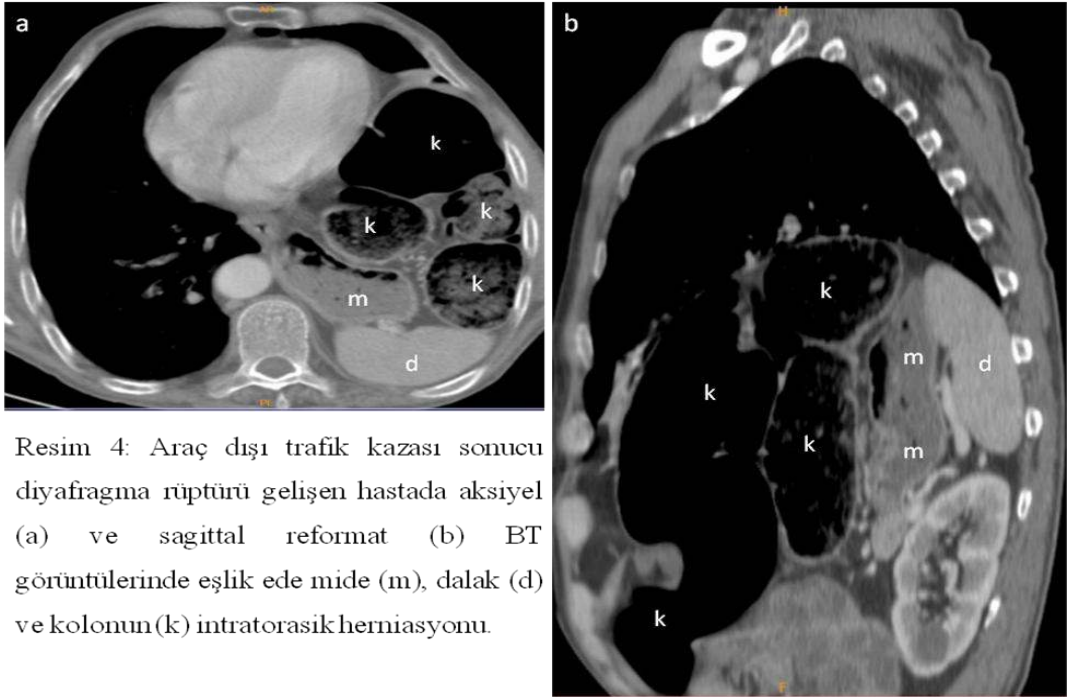
Resim 2: Ateşli silah yaralanması olan hastada (a) aksiyel BT görüntüde diyafragma rüptürüne eşlik eden mide yaralanmasına sekonder intraperitoneal serbest hava değerleri (ince beyaz oklar). Araç içi trafik kazası sonucu sağda diyafragma rüptürü gelişen hastada (b) koronal reformat BT görüntüde eşlik eden karaciğer kontüzyonu.

Resim 3: TDR'ye eşlik eden mide ve pankreas herniasyonu



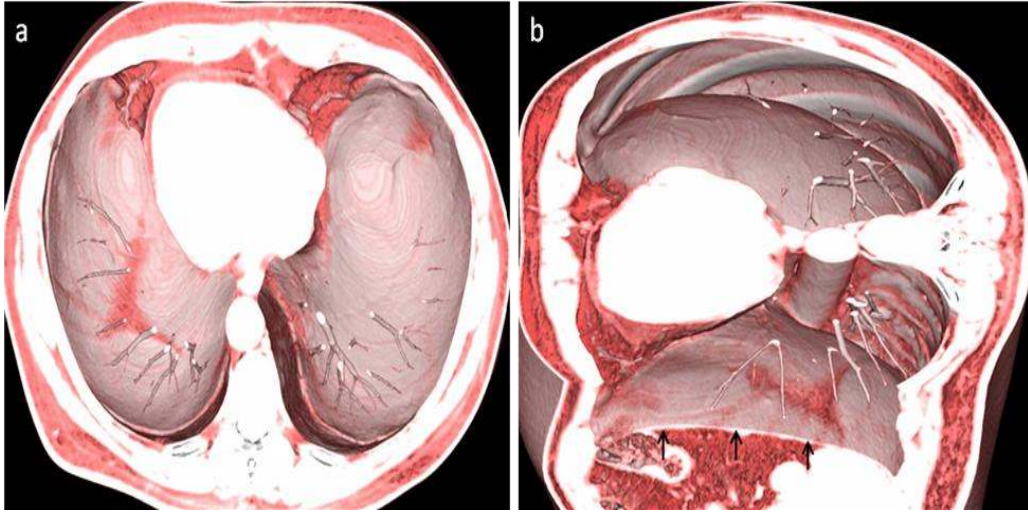
Resim 3: Araç içi trafik kazası sonucu diyafragma rüptürü gelişen hastada aksiyel (a) ve koronal reformat (b) BT görüntülerde eşlik eden, midenin (beyaz ok başı) ve pankreasın (ince beyaz oklar) intratorasik herniasyonu.

Resim 4: TDR'ye eşlik eden mide, dalak, ve kolon herniasyonu



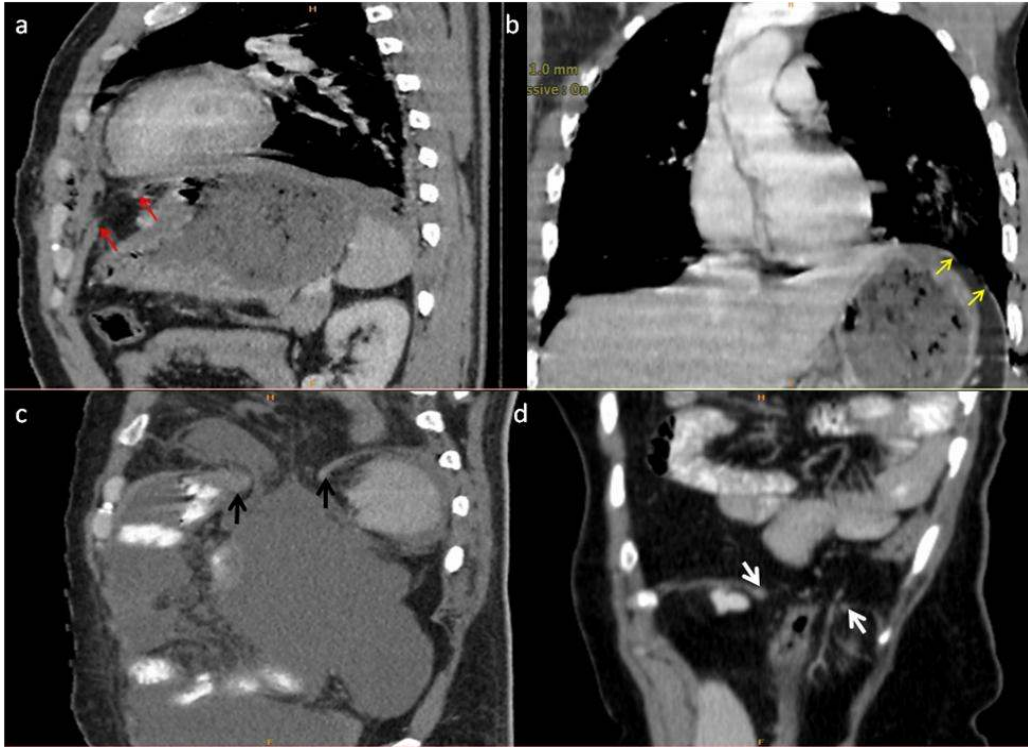
Resim 4: Araç dışı trafik kazası sonucu diyafragma rüptürü gelişen hastada aksiyel (a) ve sagittal reformat (b) BT görüntülerinde eşlik eden mide (m), dalak (d) ve kolonun (k) intratorasik herniasyonu.

Resim 5 (a,b): Diyafragmanın normal şeklinin VR ile görünümü



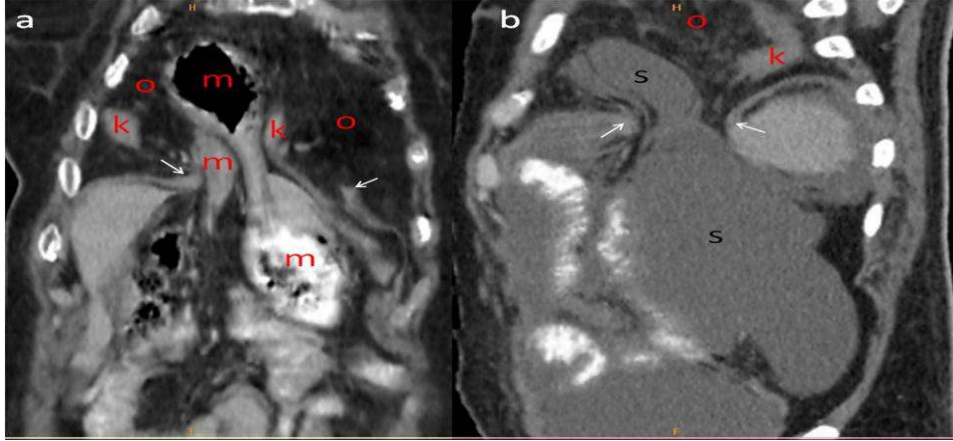
Resim 5: Aksiyal (a) VR görüntüde üstten ve sagittal (b) VR görüntüde sağ yandan kesilmiş şekli (küçük siyah oklar).

Resim 6: Defektin doğrudan izlenmesi.



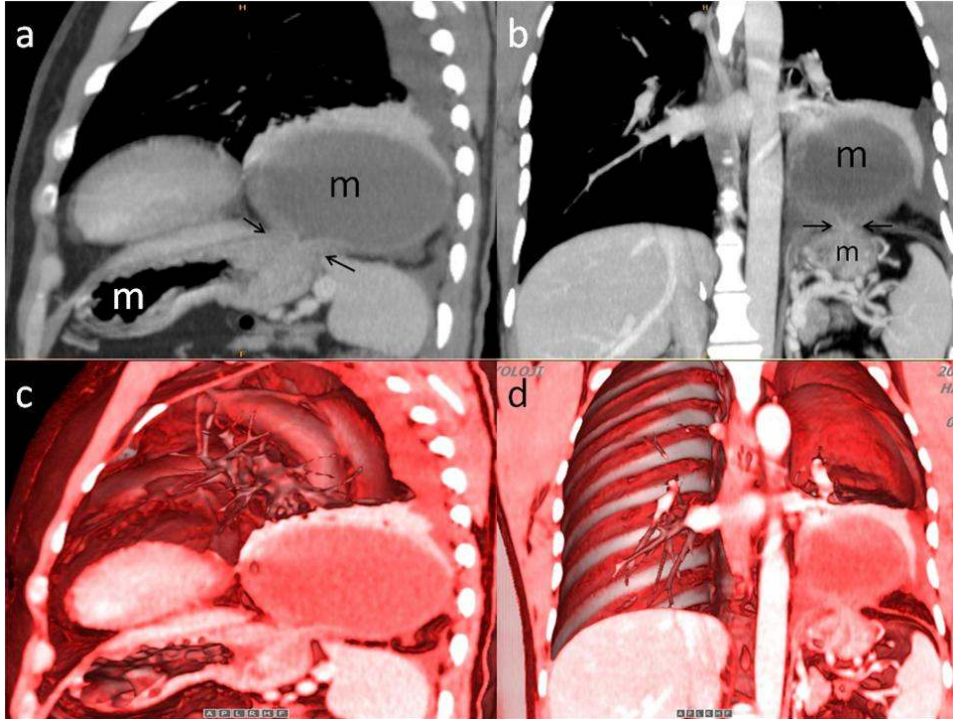
Resim 6: Sagittal (a,c,d) ve koronal (b) reformat görüntülerde sol hemidiyafragmada defekt seviyesinde serbest diyafragma kenarları (oklar).

Resim 7: Yaka işareti (Collar sign)



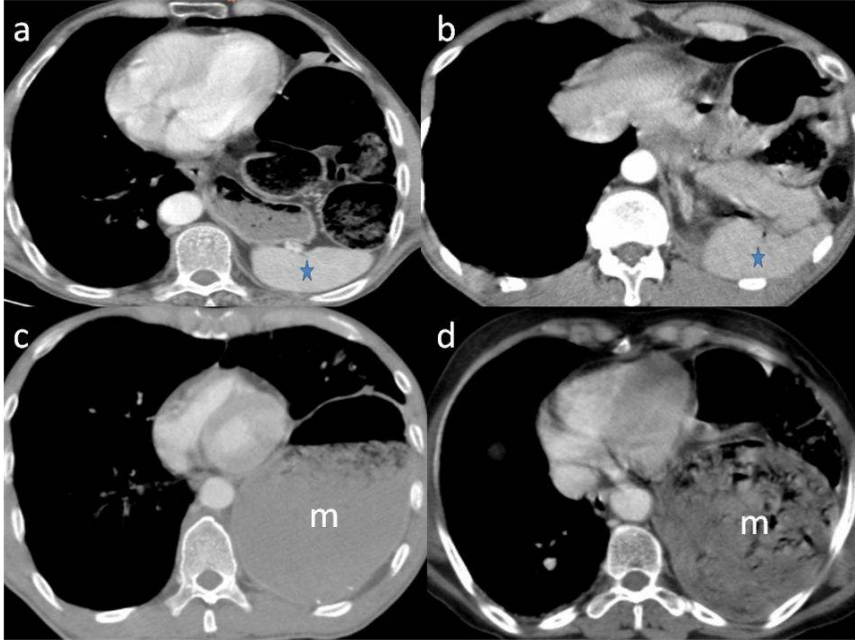
Resim 7: Kunt travmaya bagli gelisen sol diyafragma rupturu. Koronal (a) ve sagittal (b) goruntulerde defekt duzeyinde diyafragmanin serbest uclari (oklar), herniye olan ve yaka isareti olusturan mide (m) ve sivi (s), herni kesesi icinde ayrıca kolon (k) ve omentum (o) izleniyor.

Resim 8: Yaka işareti (Collar sign)



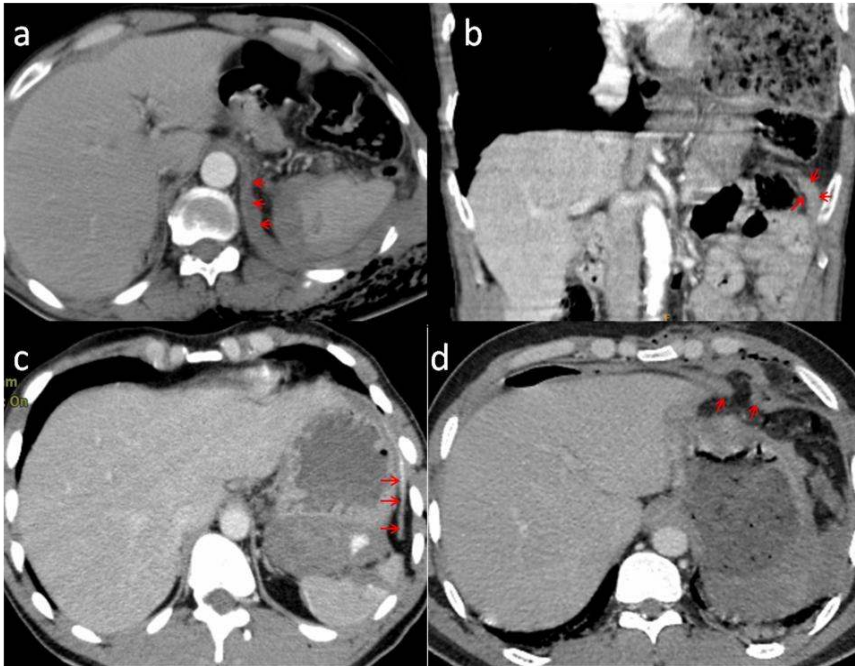
Resim 8: Sagittal (a) ve koronal (b) MPR ve VR (c,d) imajlarda, kunt diyafragma rupturu sonucu mide (m) herniasyonu ve yaka isareti (oklar).

Resim 9: Dependan vissera sign



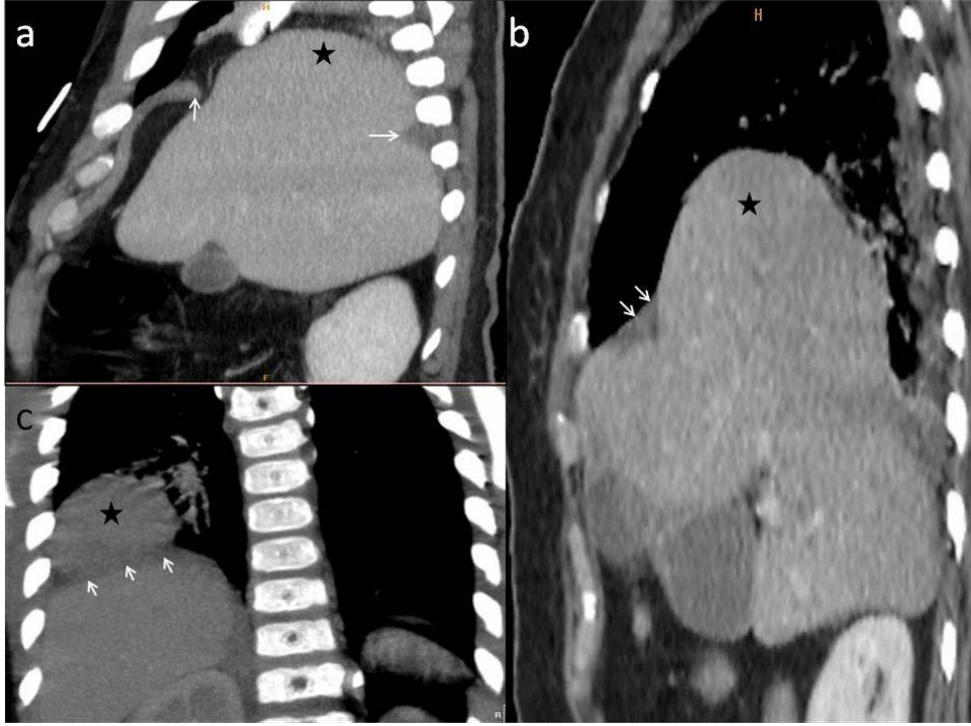
Resim 9: Künt sol hemidiyafragma rüptürü gelişen dört olgu. Aksiyel görüntülerde, dalak (yıldız) ve midenin (m) herniye olup göğüs posterior duvarına dayanmaları (dependan vissera sign).

Resim 10: TDR'ye sekonder diyafragmada kalınlaşma



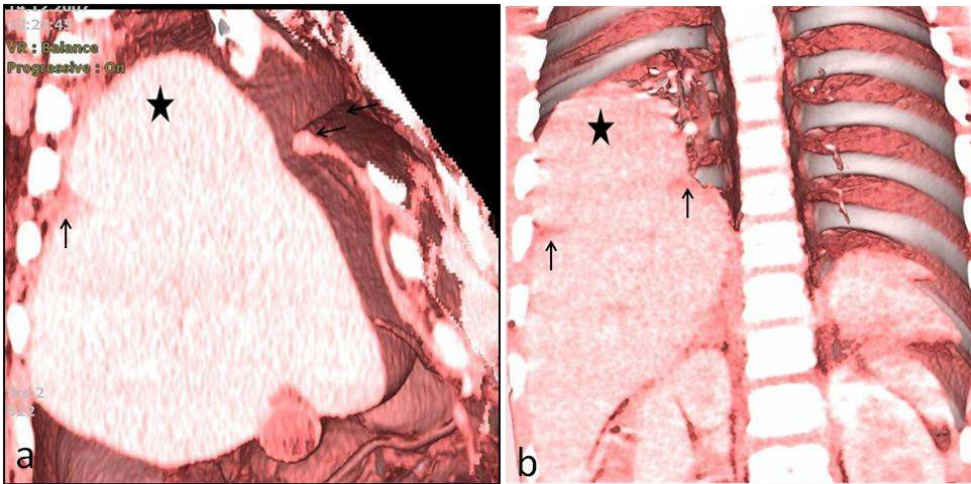
Resim 10: Künt (a,b) ve penetran (c,d) travma sonucu diyafragma rüptürü gelişen farklı olgular. Aksiyel kesitlerde diyafragma rüptürü sonucu kalınlaşma (oklar).

Resim 11: Sağ diyafragma rüptüründe hump (hörgüç) sign ve band (bant) sign



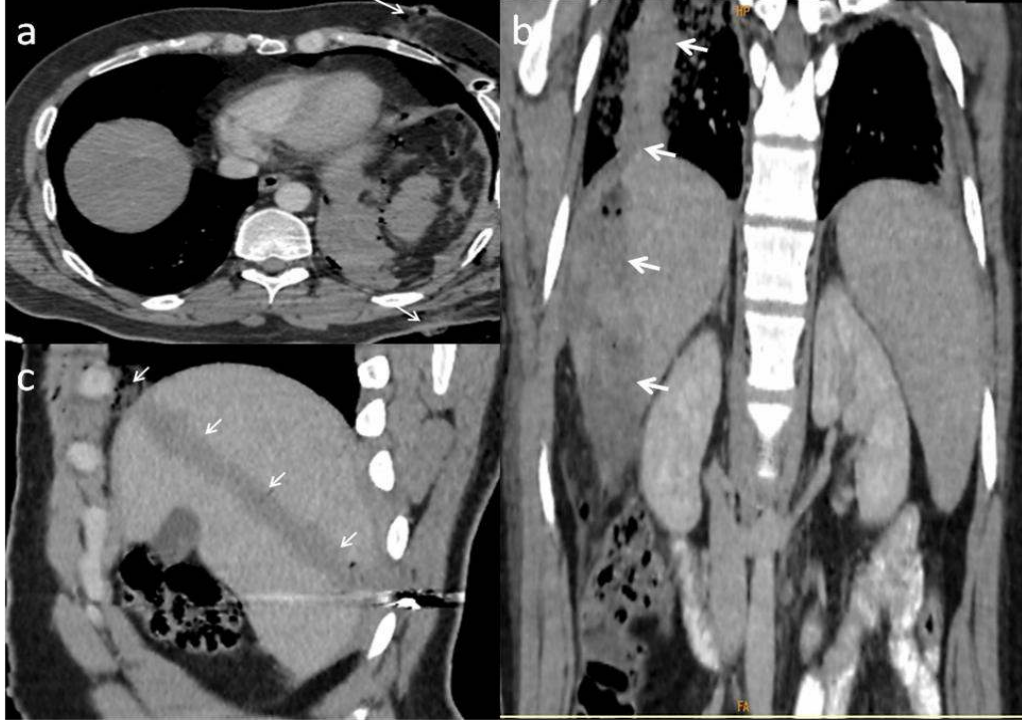
Resim 11: Künt sağ hemidiyafragma rüptürü oluşan üç farklı hasta. Sagittal (a,b) ve koronal (c) reformat BT görüntülerde hürgüç şeklinde herniye olan karaciğer kubbesi (hump sign) (yıldız), ve onu bant şeklinde (band sign) sarıp sıkıştıran diyafragma (oklar).

Resim 12: Sağ diafragma rüptüründe hump (hörgüç) sign ve band (bant) sign



Resim 12: Sagittal (a) ve koronal (b) Volume rendered görüntülerde herniye olmuş karaciğer kubbesi (yıldız) ve onu band şeklinde sararak sıkıştıran diyafragma (oklar) izlenmekte

Resim 13: Penetran diyafragma rüptüründe trakt seyri



Resim 13: Ateşli silah ile yarananma sonucu diyafragma rüptürü gelişen    farklı olgu. Aksiyel (a), koronal (b) ve sagittal (c) reformat BT görüntülerde ateşli silaha yarananmasına ait olan ve diyafragmanın her iki tarafında da izlenen traseler (oklar). Resim a'da merminin giriş ve çıkış seviyeleri (oklar).

6. TARTIŞMA

Penetran mı? Künt mü?

TDR, künt abdominal travma ve diyafragma yakın penetran travmalı hastaların yaklaşık % 1 ile % 6'sında oluşmaktadır. Major alt toraks ve abdominal künt travmaların yaklaşık % 6'sında TDR oluşmaktadır. Künt abdominal travma nedeni ile cerrahiye giden hastaların ise % 3 ila % 8'inde TDR izlenmektedir (52, 58, 63-66, 79, 107-109). Literatürde diafragmatik yaralanmaların daha çok diyafragma yakın penetran travma sonucunda olduğu belirtilmektedir (penetre/künt=2/1) (9, 59, 78). Bizim 56 vakalık çalışmamızda da literatür ile uyumlu olarak olguların 37'sinde (% 66,1) penetran travma, 19'unda (% 33,9) ise künt travma sonucu diyafragma yaralanması meydana gelmişti.

Sağ taraf mı? Sol taraf mı?

Künt travmalarda, daha çok sol hemidiyafragma yaralanması meydana gelir (110-113) ve genellikle rüptür posteriorda sol hemidiyafragmanın orta kesiminde radyal uzanır (114). Diyafragma rüptürünün solda daha çok olmasının nedeni karaciğerin koruyucu etkisi ve/veya sağdaki yaralanmalara tanı konulamamasıdır (114,115). Bizim çalışmamızda da literatür verileri ile uyumlu olarak olguların 37'sinde (% 66,1) sol hemidiyafragma, 19'unda (% 33,9) ise sağ hemidiyafragma yaralanması meydana gelmişti.

Eşlik Eden Yaralanma Var mı?

Olguların çoğunda TDR tek başına izole değildir ve sıklıkla dikkati başka yönlere çeken eş zamanlı intraabdominal, pelvik, santral sinir sistemi ve mediastinal yaralanmalar olabilir (59,116). Diyafragmanın lokalizasyonu, intraabdominal ve intratorasik organlar ile komşuluğu eşlik eden yaralanmaları beraberinde

getirmektedir ki diyafragma rüptürlerinin yaklaşık % 52 ile % 100'ünde eşlik eden organ yaralanmaları bulunmaktadır (41, 52, 62, 65-67). Çalışmamızda olgularımızın tümünde eşlik eden en az bir organ yaralanması mevcuttu. Genel olarak eşlik eden intraabdominal yaralanmalarda dalak yaralanması olguların % 27-60'ında, karaciğer yaralanması sağ diyafragma rüptürlerinin % 94.'ünde, sol diyafragma rüptürlerinin ise % 24'ünde bulunmaktadır (41, 52, 66, 116). Kendi çalışmamızda literatür ile uyumlu olarak dalak yaralanması olguların % 37,5'inde mevcuttu, karaciğer yaralanması ise sağ diyafragma rüptürlerinin % 73,6'sında, sol diyafragma rüptürlerinin ise % 13,5'inde bulunmaktaydı, karaciğer yaralanması açısından bulgularımız literatüre göre her iki taraf için de düşük oranda izlendi. Nedenini hastalarımızın maruz kaldığı travma etyolojisine ve travmanın şiddetine bağlayabiliriz. PDR'lerde eşlik eden yaralanmalar değişkendir. Kullanılan silah veya merminin büyüklüğüne, hızına ve çeşidine büyük ölçüde bağlıdır (117). Çalışmamızda da PDR'lere eşlik eden organ yaralanmaları, kullanılan alete veya silaha göre değişkenlik göstermekteydi. Mayers ve ark (107) diyafragma rüptürü olan 68 hastada aortanın yaralanma insidansını % 5 olarak rapor etmişlerdir. Bizim 56 vakalık serimizde aort yaralanması izlenmedi ancak ateşli silah ile yaralanan bir (% 1,8) olguda sol renal arter ve splenik arter yaralanması mevcuttu.

Künt ve Penetran Diyafragma Rüptürü

Künt diyafragma rüptüründe (KDR) BT bulguları şöyle rapor edilmiştir, intraabdominal organların toraks içine herniasyonu, defektin doğrudan izlenmesi yaka işareti (collar sign), intraabdominal organların posteriora kostalara yapışma işareti (dependent vissera sign), diyafragmada kalınlaşma ve diyafragma çevresinde aktif kontrast ekstrevasyonu. Diyafragma defekti, PDR'de genellikle küçük

olduğundan radyolojik olarak KDR’de olduğu gibi pek görüntülenemez, bununla birlikte KDR’de izlenen işaretler PDR’de izlendiğinde rüptür için anlamlı kabul edilmektedirler. Örneğin, yaralanmaların küçük boyutuna rağmen, karın içeriğinin herniasyonu, özellikle yağ herniasyonu erken ortaya çıkar, PDR için spesifik bir işarettir (118). TDR’de izlediğimiz özel işaretleri başlıklar halinde tartıştık.

Organların İntratorasik Herniasyonu

Özgüllüğü % 94,1-100 gibi yüksek olmasına rağmen (43, 71, 114), duyarlılığı % 8’den % 81’e geniş bir farklılık gösterir (43, 44, 69, 71, 114, 119). Diyafragma yaralanması sol taraf ile sınırlı kaldığı zaman duyarlılık % 90,9’a yükselmektedir (69). Sol tarafta mide ve kolon sık herniye olmaktadır. Kontürü ve büyüklüğü sınırlamasına rağmen karaciğer sağ taraftaki defektlerden herniye olabilmektedir (68). Çalışmamızda literatür ile uyumlu olarak olgularımızın % 44,6’ında herniasyon bulunmaktaydı, herniasyon kesesinde en sık kolon, daha sonra mide izlenmekteydi, bunları takiben sırası ile ince barsak, omentum, karaciğer, dalak ve böbrek gelmekteydi. Farklılığı, literatür verilerinin daha çok künt travmalar ile ilgili olmasına bağlamaktayız, bizim serimizde de sadece künt travmaları değerlendirmeye alırsak mide, literatür verileri ile uyumlu olarak herniye olan organlar arasında ilk sırada yer alacaktır. Bir olgumuzda literatürde rastlamadığımız pankreas herniasyonu bulunmaktaydı.

Diyafragma Defektinin Direkt izlenmesi: Diyafragma defekti düzeyinde eşlik eden hemotoraks, hemoperitoneum veya atelektazi gibi durumlar varlığında defekti göstermek zorlaşmasına rağmen (71) defektin direkt izlenmesi diyafragma yaralanması için % 36-82,7 sensitif, % 88,1-95 spesifiktir (43, 69, 71, 114). Bizim çalışmamızda da olgularımızın % 53,5’inde diyafragma defekti doğrudan

izlenmekteydi. Künt diyafragma rüptürlerinde defekt genellikle 10 cm ve üzerindedir, ancak penetran diyafragma yaralanmalarında defekt genellikle 2 cm ve altındadır. Bu nedenle şüphe yüksek olsa bile BT’de penetran yaralanmaya ait defekt gösterilemeyebilir (44). Çalışmamızda literatür ile uyumlu olarak künt travma hastalarının % 84,2’sinde, penetran travma hastalarının ise % 37,8’inde defekt izlenmekteydi.

Yaka İşareti (collar sign): Göreceli olarak net bir şekilde diyafragma yaralanmasını akla getirmese bile, yaka işareti intraabdominal yapıların toraks içine herniasyonunun bir göstergesidir. Birden fazla organ bir araya gelerek yaka şeklinde sıkışabilmektedir. Bu işaretin % 24-85 gibi geniş bir duyarlılık aralığı olmasına rağmen (43, 49, 69, 71, 114) % 80,7-100 gibi yüksek ve tutarlı bir özgüllük oranı bulunmaktadır (43, 49, 69, 71). Çalışmamızda olgularımızın % 37,5’inde yaka işareti izlenmekteydi. Yaka işareti künt diyafragma rüptürlerinin % 84,2’sinde, penetran diyafragma rüptürlerinin ise sadece % 13,5’inde vardı. Yine sol taraf yaralanmalarında sağa oranla daha fazla izlenmekteydi. Karaciğerin büyüklüğü ve kıvamı, sağ taraflı yaralanmalar için bu işaretin duyarlılığını % 16,7 ile % 40 gibi değerlere düşürmektedir (49,71), MPR eklenmesine rağmen bu işaretin duyarlılığı sağ taraf yaralanmalarda ancak % 50 olabilmektedir (49). Bizim çalışmamızda sağ diyafragma yaralanmalarının % 31,5’inde yaka işareti izlendi.

Göğüs posterior duvarına dayanmış organ işareti (Dependent vissera sign): Bu işaretin duyarlılığı Bergin ve arkadaşları (47) tarafından genel olarak % 90 civarında rapor edilmiştir. Ancak daha sonraki çalışmalarda (69,71) % 71-% 96,5 gibi yüksek özgüllük, % 46,6-% 52 gibi düşük duyarlılık oranları rapor edilmiştir. Bizim çalışmamızda literatüre göre daha düşük olarak olguların % 30,3’ünde bu

işaret mevcuttu. Nedenini, literatür verilerinin daha çok künt travma sonuçları ile ilgili olmasına bağlıyoruz. Bizim çalışmamızda da olguları künt ve penetran olarak kategorize ettiğimizde, künt travmaların % 57,8'inde, penetran travmaların ise % 16'sında dependan vissera sign mevcuttu.

Diyafragmada Kalınlaşma: Sağ taraflı diyafragma yaralanmaları için diyafragma kalınlaşması yaklaşık % 100 duyarlı olmasına rağmen genel duyarlılık % 36-% 60'larda kalmaktadır (69,71). Özgüllüğü de benzer şekilde % 58,4-% 77 civarında düşük bulunmuştur (69, 71). Bizim çalışmamızda literatürle uyumlu olarak olgularımızın % 39,2'sinde diyafragmada kalınlaşma mevcuttu. Sadece künt travmaları gözönüne aldığımızda olguların % 63'ünde diyafragmada kalınlaşma izlenmekteydi.

Diyafragma çevresinde kontrast ekstrevasyonu: Olgularımızın % 7'sinde diyafragma komşuluğunda kontrast ekstrevasyonu vardı ancak literatürde belirtildiği gibi (68, 71) aynı zamanda tümünde eşlik eden yaralamalar mevcut olduğundan, kanamanın diyafragmanın kendisinden olup olmadığı ayırtedilemedi.

Bant işareti (Band sign) ve Hörgüç işareti (Hump Sign): Rees ve Mirvis'in (50), sağ taraf künt hemidiyafragma rüptürü olan 12 hastanın ÇKBT bulgularını retrospektif inceledikleri çalışmada, olguların % 83'ünde hump sign, % 33'ünde ise band sign izlenmiştir. Yine ÇKBT ile yapılan bir başka retrospektif çalışmada (120), hump sign olguların % 50'sinde, band sign ise % 41,7'sinde izlenmiştir. Çalışmamızda 7 (% 12,5) olgumuz sağ taraf künt hemidiyafragma rüptürüne maruz kalmıştı, literatür ile uyumlu olarak olguların % 57'sinde hump sign izlendi. Literatüre göre daha yüksek oranda (% 57) band sign mevcuttu. Nedenini olgu sayımızın nispeten daha az olmasına bağlamaktayız.

Penetran yaralanmaya ait trase

Tabanca, bıçak ve benzeri silahlarla oluşan penetran yaralanmanın trasesinin diyafragmanın her iki tarafına da uzanması PDR için spesifik bir bulgudur (69, 118). Bu işaret % 36 gibi düşük duyarlılığa sahip olmasına rağmen, diyafragma defekti açık bir şekilde gösterilmese bile özgüllüğü % 100'dür (69). PDR'nin var dendiği ancak defektin izlenmediği durumlarda, defekt çok küçük olduğundan vizualize edilememektedir, ancak diyafragmanın her iki tarafında da penetran yaralanmaya ait trase mevcuttur. Diyafragmanın hareketli olduğu hesaba katıldığında çekim boyunca defekt ile trasenin aynı hizaya gelmesi çok küçük bir olasılıktır, heni de henüz oluşmamış ise defektin görülebilmesi oldukça zorlaşmaktadır (68). Trasenin güvenilirliği ve tedavi edilmeyen PDR'lerde komplikasyona eğilim göz önüne alındığında, Shackleton ve arkadaşları, önceki BT'lerinde yaralanmaya işaret eden trasesi olan ancak açık cerrahi veya videoskopik ekplorasyona gitmeyen hastaların kontrol görüntüler ile takip edilmesini önermişlerdir (44). Penetran travmalı olgularımızın % 56,7'sinde diyafragmanın iki tarafında da traseye ait bulgular mevcuttu ancak diyafragma defekti doğrudan izlenmemekteydi. Bu nedenle biz de, tedavi edilmeyen PDR'lerde komplikasyona eğilim göz önüne alındığında, literatürde belirtildiği gibi penetran yaralanmaya ait trasesi olan ancak cerrahi veya videoskopik ekplorasyona gitmeyen hastaların kontrol görüntüler ile takip edilmesini önermekteyiz.

Yaralanmada birden fazla işaret

Sıklıkla aynı hastada birden fazla işaret beraber izlenebilmekte ve BT'nin duyarlılığı % 100'e çıkabilmektedir (71). Çalışmamızda olgularımızın % 52,6'sında birden fazla işaret bulunmaktaydı. Olguları künt ve penetran diye kategorize

ettiğimizde, literatür ile uyumlu olarak künt travma olgularının % 95'inde birden fazla işaret mevcutu, penetran travma olgularının ise % 29,7'sinde birden fazla işaret izlenmekteydi. Birden fazla işaret içerisinde en sık % 96,6 ile defektin doğrudan izlenmesi, ikinci sırada % 86,6 gibi eşit oran ile organların intratorasik herniyasyonu ve diyafragma kalınlaşma, üçüncü sırada % 73,3 ile collar sign ve onu takiben % 60 ile dependan vissera sign izlenmekte idi.

7. SONUÇ

Radyolog, künt ve penetran torakoabdominal travmalarda, diyafragmanın da yaralanabileceğini göz önünde bulundurmalı, diyafragma rüptürünün erken tanısının hayati önem taşıdığının bilincinde olmalı ve diyafragma rüptüründe radyolojik özel işaretlere aşina olmalıdır. Diyafragma rüptüründe gold standart bir radyolojik tanı yöntemi veya işaret bulunmamaktadır. Bu nedenle künt veya penetran torakoabdominal travmalarda, aksiyal görüntülere ek olarak mutlaka sagittal ve koronal reformat görüntüler ve gerekirse volum rendering görüntüler de değerlendirmeye alınmalı ve yukarıda tartışılan işaretlerin birinin veya birkaçının birarada izlenmesi durumunda diyafragma rüptüründen şüphelenilmeli ve cerrah bu durum ile ilgili bilgilendirilmelidir.

8. KAYNAKLAR

1. Symbas PN. Diaphragmatic injuries. In: Shields TW, Cicero JL, Ponn RB, Rusch VW (Eds.). General Thoracic Surgery. 6th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2005;1006-1014.
2. Matsevyeh OY. Blunt diaphragmatic rupture: four year's experience. Hernia 2008;12:73-78.
3. Bosanquet D, Farboud A, Luckraz H. A review diaphragmatic injury. Respir med 2009;2:1-6.
4. Abidin Şehitoğulları, Fuat Sayır, Ali Kahraman, Reşit Öncü, Lokman Soyoral. Dicle Tıp Dergisi /Dicle Medical Journal 2012; 39: 257-261
5. Adegboye VO, Ladipo JK, Adebo OA, Brimmo AI. Diaphragmatic injuries. Afr J Med Med Sci 2002;31:149- 153.
6. Meyers BF, McCabe CJ. Traumatic diaphragmatic hernia. Occult marker of serious injury. AnnSurg 1993;218:783-790.
7. Sandrine Lochum, Thomas Ludig, Frédéric Walter, Hugues Sebbag,Gilles Grosdidier,and Alain G.Blum.October 2002 RadioGraphics ,22 , S103-S113.
8. Mirvis SE, Shanmuganathan K. MR imaging of thoracic trauma. Magn Reson Imaging Clin N Am 2000; 8:91–104.
9. Shanmuganathan K, Killeen K, Mirvis SE, et al. Imaging of diaphragmatic injuries. J Thorac Imaging 2000; 15:104–111.
10. Shah R, Sabanathan S, Mearns AJ, Choudhury AK. Traumatic Rupture of Diaphragm. Ann Thorac Surg 1995;60:1444-1449.

11. Moore KM, Persaud TVN. Vücut boşlukları, mezenterler ve diyafragma (Çeviri: A.Özbek). Yıldırım A, Okar İ, Dalçık H (Editörler). İnsan embriyolojisi' nde. istanbul: Nobel Tıp Kitabevleri; 2002. s.206-9.
12. Govind B. Chavhan, Paul S. Babyn, Ronald A. Cohen, Jacob C. Langer, RadiogGraphics 2010;30: 1797-1817.
13. Shin MS, Berland LL. Computed tomography of retrocrural spaces: normal, anatomic variants and pathologic conditions. AJR Am J Roentgenol 1985;145: 81-86.
14. Kleinman PK, Raptopoulos V. The anterior diaphragmatic attachments: an anatomic and radiologic study with clinical correlates. Radiology 1985;155 (2):289–293.
15. Laura K. Nason, Christopher M. Walker, Michael F. McNeeley, Wanaporn Burivong, Corinne L. Fligner and J. David Godwin. Imaging of the Diaphragm: Anatomy and Function. RadioGraphics 2012; 32:51-70.
16. Maish MS. The diaphragm. Surg Clin North Am 2010;90:955–968.
17. Wilcox PG, Pardy RL. Diaphragmatic weakness and paralysis. Lung 1989;167:323–341.
18. Klinik Anatomi 6. Basım. Richard S. Snell. Nobel Kitabevi.2004; 55-57.
19. Yeh HC, Halton KP, Gray CE. Anatomic variations and abnormalities in the diaphragm seen with US. RadioGraphics 1990;10:1019–1030.
20. Rosen A, Auh YH, Rubenstein WA, et al. CT appearance of diaphragmatic pseudotumors. J Comput Assist Tomogr 1983;7:995-999.
21. Aronberg DJ, Peterson RR, Glazer HS, et al. Superior diaphragmatic lymph nodes: CT assessment. J Comput Assist Tomogr 1986;10:937-941.
22. Horton KM, Talamini MA, Fishman EK. Median arcuate ligament syndrome:

- evaluation with CT angiography. *RadioGraphics* 2005;25:1177– 1182.
23. Sutton D. *Radiology and imaging*. Sixth edition; Hong Kong: Longman Asia 1998.
24. Claire K. Sandstrom, Eric J. Stern, *Diaphragmatic Hernias: A Spectrum of Radiographic Appearances*. Division of Chest Imaging, Department of Radiology, University of Washington 2011;40:95-115.
25. Tarver RD, Conces DJ Jr, Cory DA, et al. Imaging the diaphragm and its disorders. *J Thorac Imaging* 1989;4: 1-8.
26. Fraser RS, Paré JAP, Fraser RG, et al. *Synopsis of diseases of the chest*. Philadelphia: WB Saunders, 1994.
27. Panicek DM, Benson CB, Gottlieb RH, et al. The diaphragm: anatomic, pathologic, and radiologic considerations. *RadioGraphics* 1988;8: 385-425.
28. Mullins ME, Stein J, Saini SS, et al. Prevalence of incidental Bochdalek's hernia in a large adult population. *AJR Am J Roentgenol* 2001;177: 363-366.
29. Naunheim KS. Adult presentation of unusual diaphragmatic hernias. *Chest Surg Clin N Am* 1998;8: 359-369.
30. Gale ME. Bochdalek hernia: prevalence and CT characteristics. *Radiology* 1985;156: 449-452.
31. Chaskey CI, Zerhouni EA, Fishman EK, et al. Aging of the diaphragm: a CT study. *Radiology* 1989;171: 385-398.
32. Gilkeson RC, Basile V, Sands MJ, et al. Chest case of the day. Morgagni's hernia. *AJR Am J Roentgenol* 1997;169: 266, 268-270.
33. Anthes TB, Thoongsuwan N, Karmy-Jones R. Morgagni Hernia: CT findings. *Curr Probl Diagn Radiol* 2003;32: 135-136.

34. Joseph K.T.Lee, Stuart SS, Robert J.S, Jay P.H. Computed Body Tomography With MRI Corelation Volume 1. By Lippincott Williams&Wilkins 2006; 646-647.
35. Vas W, Malpani AR, Singer J, et al. Computed Tomographic evaluation of paraesophageal hernia. Gasroitest Raiol 1989;14: 291-294.
36. Ginalski JM, Schnyder P, Moss AA, et al. Incidence and significance of a widened esophageal hiatus at CT scan. J Clin Gastroenterol 1984;6: 467-470.
37. Pearson FG, Cooper JD, Ilves R, et al. Massive hiatal hernia with incarceration: a report of 53 cases. Ann Thorac Surg 1983;35: 45-51.
38. Godwin JD, MacGregor JM. Extension of ascites into the chest with hiatal hernia: visualization on CT. AJR Am J Roentgenol 1987;148: 31-32.
39. Insko EK, Levine MS, Birnbaum BA, et al. Benign and malignant lesions of the stomach: evaluation of CT criteria for differentiation. Radiology 2003;228: 166-171.
40. Schumpelick V, Steinau G, Schluper I, et al. Surgical embryology and anatomy of the diaphragm with surgical applications. Surg Clin North Am 2000;80:213-239.
41. Carter YM, Karmy-Jones RC, Stern EJ. Delayed recognition of diaphragmatic rupture in a patient receiving mechanical ventilation. AJR Am J Roentgenol 2001; 176:428.
42. Mirvis SE. Diagnostik imaging of acute thoracic injury. Semin Ultrasound CT MR 2004;25: 156-179.
43. Murray JG, Caoili E, Gruden JF, et al. Acute rupture of the diaphragm due to blunt truma: diagnostic sensitivity and specificity of CT. AJR Am J Roentgenol 1996; 166: 1035-1039.
44. Shackleton KL, Stewart ET, Taylor AJ. Traumatic diaphragmatic injuries: spectrum of radiographic findings. Radiographics 1998;18: 49-59.

45. Gelman R, Mirvis SE, Gens D. Diaphragmatic rupture due to blunt trauma: sensitivity of plain chest radiographs. *AJR Am J Roentgenol* 1991;156: 51–57.
46. Demos TC, Solomon C, Posniak HV, Flisak MJ. Computed tomography in traumatic defects of the diaphragm. *Clin Imaging* 1989;13: 62–67.
47. Bergin D, Ennis R, Keogh C, et al. The “ dependent viscera ” sign in CT diagnosis of blunt traumatic diaphragmatic rupture. *AJR Am J Roentgenol* 2001;177:1137-1140.
48. Lochum S, Ludig T, Walter F, et al. Imaging of diaphragmatic injury: a diagnostic challenge ?. *Radiographics* 2002;22: 103-116.
49. KilleenKL, Mirvis SE, Shanmuganathan K. Helical CT of traumatic diaphragmatic rupture secondary to blunt trauma. *AJR Am J Roentgenol* 1999;173:1611–1616.
50. Rees O, Mirvis SE, Shanmuganathan K. Multidetector-row CT of right hemidiaphragmatic rupture caused by blunt trauma: a review of 12 cases. *Clin Radiol* 2005;60: 1280–1289.
51. Tresallet C, Menegaux F, Izzillo R, Nguyen-Thanh Q, Cardot V, Chigot JP. Usefulness of CT reconstructed pictures for diaphragmatic rupture after blunt trauma. *J Am Coll Surg* 2004;198:666–667.
52. Kerney PA, Rouhhana SW, Burney RE. Blunt rupture of the diaphragm: mechanism, diagnosis, and treatment. *Ann Emerg Med* 1989;18: 1326–1330.
53. Wise L, Connors J, Hwang YH et al. Traumatic injuries to the diaphragm. *J Trauma* 1973;13: 946–950.

54. Reiff DA, Davis RP, MacLennan PA, McGwin G Jr, Clements R, Rue LW, 3rd. The association between body mass index and diaphragm injury among motor vehicle collision occupants. *J Trauma* 2004;**57**:1324–1328.
55. Marchand P. A study of the forces productive of gastroesophageal regurgitation and herniation through the diaphragmatic hiatus. *Thorax* 1957;**12**:189–202.
56. Lucido JL, Wall CA. Rupture of the diaphragm due to blunt trauma. *Arch Surg* 1963;**86**:989–994.
57. Ward RE, Flynn TC, Clark WP. Diaphragmatic disruption secondary to blunt abdominal trauma. *J Trauma* 1981;**21**:35–38.
58. Morgan AS, Flancbaum L, Esposito T et al. Blunt injury to the diaphragm: an analysis of 44 patients. *J Trauma* 1986;**26**:565–568.
59. Estrera AS, Landay MJ, McClland RN. Blunt traumatic rupture of the right hemidiaphragm: experience in 12 patients. *Ann Thoracic Surg* 1985;**39**:525–530.
60. Asensio JA, Demetriades D, Rodriguez A. Injuries to the diaphragm, in Feliciano DV, Moore EE, Mattox KL (eds): *Trauma* (ed 3). Norwalk, CT, Appleton & Lange, 1995:461-485.
61. Calhoon JH, Grover FL, Trinkle JK. Chest trauma approach and management. *Clin Chest Med* 1992;**13**:55–66.
62. Epstein LI, Lempke RE. Rupture of the right hemidiaphragm due to blunt trauma. *J Trauma* 1968;**8**:19–27.
63. Ward RE, Flynn TC, Clark WP. Diaphragm disruption secondary to blunt abdominal trauma. *J Trauma* 1981;**21**: 35–38.
64. Boulanger BR, Milzman DP, Rosati C, Rodriguez A. A comparison of right and left blunt traumatic diaphragmatic rupture. *J Trauma* 1993;**35**: 255–260.

65. Brandt ML, Luks FI, Spigland NA et al. Diaphragmatic injury in children. *J Trauma* 1992;32: 298–301.
66. Drew JA, Mercer EC, Benfield JR. Acute diaphragm injury. *Ann Thorac Surg* 1973;16: 67–78.
67. Beal SL, Mackennon M. Blunt diaphragm rupture: a morbid injury. *Arch Surg* 1988;123: 828–832.
68. Clint W. Sliker. Imaging of Diaphragm Injuries. *Radiologic clinics of northamerica* 2006;44:199-211.
69. Larici AR, Gotway MB, Litt HI, et al. Helical CT with sagittal and coronal reconstructions: accuracy for detection of diaphragmatic injury. *AJR Am J Roentgenol* 2002;179: 451–457.
70. Leung JCM, Nance ML, Schwab CW, et al. Thickening of the diaphragm: a new computed tomography sign of diaphragm injury. *J Thorac Imaging* 1999;14: 126–129.
71. Nchimi A, Szapiro D, Ghaye B, et al. Helical CT of blunt diaphragmatic rupture. *AJR Am J Roentgenol* 2005;184: 24–30.
72. Stuart E. Mirvis, K. Shanmuganagthan. Imaging Hemidiaphragmatic Injury. *Eur Radiol* 2007;17: 1411-1421.
73. Bekassy SM, Dave KS, Wooler GH et al. “Spontaneous” and traumatic rupture of the diaphragm: long-term results. *Ann Surg* 1973;177: 320–324.
74. Ilgenfritz FM, Stewart DE. Blunt trauma of the diaphragm: a 15 county private hospital experience. *Am Surg* 1992;56: 334–338.
75. Wienecek RG, Wilson RF, Steiger Z. Acute injuries of the diaphragm: an analysis of 165 cases. *J Thorac Cardio Vasc Surg* 1986;92: 989–993.

76. Shapiro MJ, Heiberg E, Durham RM et al. The unreliability of CT scans and initial chest radiographs in evaluating blunt trauma induced diaphragmatic rupture. *Clin Radiol* 1995;51: 27–30.
77. Brant ML, Luks FI, Sipland NA et al. Diaphragmatic injury in children. *J Trauma* 1992;181: 682–686.
78. Chen JC, Wilson SE. Diaphragmatic injuries: recognition and management in sixty-two patients. *Am Surg* 1991;57: 810–815.
79. Voller GR, Reisser JR, Fabian TC et al. Blunt diaphragm injury: a five year experience. *Am Surg* 1990;56: 28–31.
80. Pagliarello G, Carter J. Traumatic injuries of the diaphragm: timely diagnosis and treatment. *J Trauma* 1992;33: 194–197.
81. Israel S, McDaniel PA, Primac SL et al. Diagnosis of diaphragmatic trauma with helical CT in a swine model. *Am J Roentgenol* 1996;167:637–641.
82. Shanmuganathan K, Mirvis SE. Imaging diagnosis of nonaortic thoracic injury. *Radiol Clin North Am* 1999;37:533–551.
83. Glasser DL, Shanmuganathan K, Mirvis S. General case of the day. *Radiographics*. 1998;18:799–801.
84. Katsumura Y, Satoh. Constriction of liver tissue herniated through a diaphragmatic defect, simulating a pulmonary tumor. *Nihon Kokyuki Gakkai Zasshi* 1999;37:715–717.
85. Gale ME. Bochdalek hernia: prevalence and CT characteristics. *Radiology* 1985;156:449–452.
86. Leung JCM, Nance ML, Schwab CW, et al. Thickening of the diaphragm:

A new computed tomography sign of diaphragm injury. J Thorac Imaging 1999;4:126–129

87. Shanmuganatha K, Mirvis SE, White CS et al. MR imaging evaluation of hemidiaphragms in acute blunt trauma: experience with 16 patients. AJR Am J Roentgenol 1996;167:397–402.

88. Ammann AM, Brewer WH, Maull KI, et al. Traumatic rupture of the diaphragm: real-time sonography diagnosis. AJR Am J Roentgenol 1983;140:915–916.

89. Kim HH, Shin YR, Kim KJ, et al. Blunt traumatic rupture of the diaphragm: sonography diagnosis. J Ultrasound Med 1997;16:593–8.

90. Blaivas M, Brannam L, Hawkins M, et al. Bedside emergency ultrasonographic diagnosis of diaphragmatic rupture in blunt abdominal trauma. Am J Emerg Med 2004;22:601–604.

91. Somers JM, Gleeson FV, Flower CD. Rupture of the right hemidiaphragm following blunt trauma: the use of ultrasound in diagnosis. Clin Radiol. 1990;42:97-101.

92. McKenney KL. Ultrasound of blunt abdominal trauma. Radiol Clin North Am 1999;37:879–93.

93. Zeman RK, Fox, SH, Silverman PM, Davros WJ, Carter LM, Griego D, et al. Helical CT of the abdomen. Am J Radiol. 1993; 160: 719-725.

94. Morcos S K, Weir J. Multislice CT. British Journal of Cardiology. 2004, 77,S1.

95. Sava GR. Bilgisayarlı tomografi, terminoloji, tarihçe, görüntü oluşum süreci. Temel Radyoloji Fiziği. Türk Radyoloji Derneği İzmir şubesi Eğitim Sempozyumları 2004-2005. s 65-66.

96. Karabulut N. Helikal BT, Çok Kesitli BT ve Elektron Demeti BT. İç. Temel

Radyoloji Fiziği. Türk Radyoloji Derneği İzmir şubesi Eğitim Sempozyumları 2004-2005. s 67-71.

97. Tuncel E. Bilgisayarlı Tomografi. İç. Klinik Radyoloji. Genişletilmiş 2. Baskı. Bursa: Nobel & Güneş Tıp Kitapevi; 2008. s 87-89.

98. Grenier PA, Beigelman Aubry C, Fetita C, et al. New frontiers in CT imaging of airway disease. Eur Radiol. 2002; 12: 1022–1044.

99. De Feyter PJ, Nieman K. New coronary imaging techniques: what to expect? Heart. 2002; 87: 195–197.

100. Hu H, He HD, Foley WD, Fox SH. Four multidetector-row helical CT: image quality and volume coverage speed. Radiology. 2000; 215: 55–62.

101. Saito Y. Multislice X ray CT scanner. Med Phys. 1998; 66: 1–8.

102. Schoepf UJ, Becker C, Ohnesorge BM, Yücel EK. CT of coronary artery disease. Radiology. 2004; 232: 18–37.

102. Mahesh M. Search for isotropic resolution in CT from conventional through multiple-row detector. Radiographics. 2002;22:949–962.

104. Rumberger JA. Noninvasive coronary angiography using computed tomography: ready to kick it up another notch. Circulation. 2002;15:2036–2038.

105. Napel S, Marks MP, Rubin GD et al. CT angiography with spiral CT and maximum intensity projection. Radiology. 1992; 185:607-610.

106. Tuncel E. Bilgisayarlı Tomografi. İç. Klinik Radyoloji. Genişletilmiş 2. Baskı. Bursa: Nobel & Güneş Tıp Kitapevi; 2008. s 99-100.

107. Meyers, McCabe CJ. Traumatic diaphragm hernia: occult marker of serious injury. Ann Surg 1993;218:783–790.

108. McHugh K, Ogilvie BC, Brunton FJ. Delayed presentation of traumatic diaphragmatic hernia. *Clin Radiol* 1991;43: 246–250.
109. Shah R, Sabanathan S, Mearns AJ et al. Traumatic rupture of the diaphragm. *Ann Thorac Surg* 1995;60:1444–1449.
110. Guth AA, Pachter HL, Kim U. Pitfalls in the diagnosis of blunt diaphragmatic injury. *Am J Surg* 1995;170:5-9.
111. Mihos P, Potaris K, Gakidis J, et al. Traumatic rupture of the diafragm: experience with 65 patient. *Injury* 2003;34:169-172.
112. Patselas TN, Gallagher EG. The diagnostic dilemma of diafragm injury. *Am Surg* 2002;68: 633-639.
113. Rubikas R. Diaphragmatic injuries. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001;20:53-57.
114. Worthy SA, Kang EY, Hartman TE, et al. Diaphragmatic rupture: CT findings in 11 patients. *Radiology* 1995;194:885-888.
115. Muller CF, Pendarvis RW, Traumatic injury of the diapragm: Report of seven cases and extensive literature review. *Emerg Radiology* 1994; 91:118-132.
116. Rodriguez-Morales, Rodriguez A, Shatney CH. Acute rupture of the diaphragm in acute trauma: analysis of 60 patients. *J Trauma* 1986;26:438–444.
117. Simpson J, Lobo DN, Shah AB, et al. Traumatic diaphragmatic rupture: associated injuries and outcome. *Ann R Coll Surg Engl* 2000;82:97–100.
118. Shanmuganathan K, Mirvis SE, Chiu WC, et al. Penetrating torso trauma: triple-contrast helical CT in peritoneal violation and organ injury— a prospective study in 220 patients. *Radiology* 2004;231:775–784.
119. Koplewitz BZ, Ramos C, Manson DE, et al. Traumatic diaphragmatic injuries in infants and children: imaging findings. *Pediatr Radiol* 2000;30:471–479.

120. H.W. Chen, Y.C. Wong, L.J. Wang, C.J. Fu, J.F. Fang, B.C. Lin. Computed tomography in left-sided and right-sided blunt diaphragmatic rupture: experience with 43 patients. *Clinical Radiology*. 2010;65:206–212.