

T.C.
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ DEKANLIĞI
RADYOLOJİ ANABİLİM DALI

**ASTIMLI HASTALARDA STANDART DOZ YRBT İLE
DÜŞÜK DOZ YRBT BULGULARININ KARŞILAŞTIRILMASI**

Dr. İbrahim Halil ALTAŞ
UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Doç. Dr. Saime ŞERMATOVA

ŞANLIURFA
2009

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince her türlü yardımını ve desteğini esirgemeyen proje ve tez danışman hocam sayın Doç. Dr. Saime ŞERMATOVA ve tezde katkısı olan Prof. Dr. Cemil SERT'e, uzmanlık eğitimim boyunca bana emeği geçen, bilgilerinden ve deneyimlerinden faydalandığım anabilim dalı başkanımız sayın Prof. Dr. Salih Zeki ZİYYLAN başta olmak üzere Doç. Dr. Adil ÖZTÜRK, Doç. Dr. Mustafa KARAOĞLANOĞLU, Yrd. Doç. Dr. Öcal SIRMATEL, Yrd. Doç. Dr. Sema YILDIZ ve Yrd. Doç. Dr. Hasan ÇEÇE'ye teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Bu çalışmam sırasında başta Doç. Dr. Mehmet GENCER, Araş. Gör. Dr. Faruk GÜNAK olmak üzere her konuda bana yardımcı ve destek olan tüm Göğüs Hastalıkları ABD ekibine teşekkür eder saygılarımı sunarım.

İstatiksel analiz konusunda yardımını esirgemeyen Arş. Gör. Mehmet Emin KÖMÜR'e şükranlarımı sunarım.

Her zaman yanımda olan, dostluklarını esirgemeyen, aynı kaderi paylaştığım asistan arkadaşlarıma, radyoloji teknikerlerinden başta Hikmet YAROL olmak üzere tüm radyoloji çalışanlarına teşekkür ederim.

Son olarak da tez çalışmam ve uzmanlık eğitimim boyunca desteğini eksik etmeyen sevgili eşim Civan ALTAŞ'a sonsuz teşekkürler ve tabii ki varlıklarından büyük haz duyduğum kızım Zeynep ve Oğlum İbrahim Alan'a

Dr. İbrahim Halil ALTAŞ

ŞANLIURFA 2009

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfalar</u>
Önsöz ve Teşekkür	i
Özet	iv
İngilizce Özet (Summary)	v
Simgeler ve Kısaltmalar Dizini	vi
Tablo Dizini	ix
Grafik Dizini	x
Şekil Dizini	x
1.GİRİŞ ve AMAÇ	1
2.GENEL BİLGİLER	4
2.1.1. Toraksın BT kesitsel anatomisi	4
2.2. Astım	6
2.2.1. Tanım	6
2.2.2. İnsidans ve Epidemiyoloji	7
2.2.3. Patoloji	7
2.2.3.1. Astımda Makroskopik Bulgular	7
2.2.3.2. Astımda Bronş-Bronşiyol Duvarındaki Değişiklikler	7
2.2.3.3. Astımda Akciğer Parankimindeki Morfolojik değişiklikler	9
2.2.4. Patogenez	10
2.2.4.1. Astım Patogenezinde Rol Oynayan Genetik Yapı	10
2.2.4.2. Astım Patogenezinde Rol Oynayan Çevre Faktörleri	11
2.2.4.3. Astımda İnflamasyonun Özellikleri	11
2.2.4.4. Epitel Hücreleri ve İnflamasyon	11

2.2.4.5. Mast Hücresi ve İnflamasyon	12
2.2.4.6. Eozinofiller ve İnflamasyon	13
2.2.4.7. Lenfositler ve İnflamasyon	13
2.2.4.8. Astımda Brons Duvarında İnflamatuvar Hücre Birikimi	13
2.2.5. Klinik Belirti ve Bulgular	14
2.2.6. Solunum Fonksiyon Testleri	15
2.2.7. Astım Siddetinin Derecelendirilmesi	16
2.2.8. Radyoloji	17
2.2.8.1. Hiperinflasyon	17
2.2.8.2. Bronş Duvar Kalınlaşması	17
2.2.8.3. Santral Bronşektazi	18
2.2.8.4. Akciğer Işın Geçirgenliğinde Artma	18
2.2.9. İnflamasyon Takibi	18
2.3. Astım ve Yüksek Rezolüsyonlu Bilgisayarlı Tomografi	20
2.4. Helikal (Spiral) BT Fiziği	24
2.5. Spiral BT’de düşük doz radyasyon kullanımı	30
2.6. Akciğer parankimin Yüksek Rezolüsyonlu Bilgisayarlı Tomografi ile değerlendirilmesi	35
3.GEREÇ VE YÖNTEM	40
4-BULGULAR	43
Olgulardan örnekler	56
5-TARTIŞMA	63
6-SONUÇ	68
7-KAYNAKLAR	70

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simge veya Kısaltma

Açılım

ALARA	Tarıya yönelik kullanılabilen en az radyasyon oranı
A0	Total Alan
A1	Lümen Alanı
BAL	Bronkoalveolar lavaj
BCSF-1	B Hücre Büyüme Faktörü-1
BT	Bilgisayarlı Tomografi
BTDİ	Bilgisayarlı Tomografi doz İndeksi
C	santral
CD4	Farklılaşma kümeleri 4; yardımcı T hücrelerinde yer alır
CT	Computed Tomografi
CTDI	Bilgisayarlı Tomografi Doz İndeksi
ÇKBT	Çok kesitli bilgisayarlı tomografi
D	Dış çap
DDBT	Düşük Doz Bilgisayarlı Tomografi
D _E	Ekspiratuar Dansite
D _i	İnspiratuar Dansite
Dşk	Düşük
D(z)	z-eksenine paralel çizgi boyunca olan doz dağılımını ifade eder
DLP	Doz Uzunluk çarpımı
FDA	Gıda ve zararlı ilaç heyeti
D PEF	Günlük Maksimum Ekspiratuar Akım
	Değişkenliği
FEF 25-75	Zorlu Ekspiratuar Akımın 25. ve 75. Saniyedeki tepe akım hızları

FEFR	Zorlu Ekspirasyon Akım Hızı Oranı
FEV1	Zorlu Ekspiryum Volüm 1. saniye
FVC	Zorlu Vital Kapasite
GER	Gastro Özafageal Reflü
cGMP	Siklik Guanozin Monofosfat
GM-CSF	Granulositik monositik hücre stimule edici faktör
HRCT	Yüksek rezolusyonlu Bilgisayarlı Tomografi
HU	üç boyutlu görüntülerdeki her bir voxel (hacim elemanı)'in x-ışını azalımı olarak tanımlanan tıbbi görüntüleme de kullanılan bir birimdir
ICRP	Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu
IFN- α	İnterferon- α IL-2
İL-2	İnterlökin-2
İVP	İntra Venöz Pyelografi
KDP	Kesit duyarlılık profili
kV	kiloVolt(tüp voltajı)
kVp	tüp potansiyeli
L	Lümen çapı
Lb	Lob Bronşu
LEPR	Leptin Reseptörleri
LL	Sol Akciğer
LTC4	Lökotrien C4
α -MSH	α -Melanosit Sitümulan Hormon
mA	miliAmper(tüp akımı)
mAs	X-ışını tüp akımı ile ekspozur süresi çarpımı
mGy	Miligray (absorbe edilen doz birimi)
mSv	Milisievert (efektif doz birimi)
NO	Nitrik Oksit
NOS	Nitrik Oksit Sentaz
eNOS	Endotelyal Nitrik Oksit Sentaz
iNOS	İndüklenebilir Nitrik Oksit Sentaz

nNOS	Nöronal Nitrik Oksit Sentaz
P	Perifer
PEF	Maksimum Ekspiratuar Akım
PEFR	Maksimum Ekspirasyon Akım Hızı Oranı
PGD2	Prostaglandin D2
PFT	Akciğer fonksiyon testi
PNS BT	Paranasal Sinus Bilgisayarlı Tomografisi
POMC	Proopiymelanakortin
RL	Sağ Akciğer
ROI	ilginç bölge
ROS	Reaktif Oksijen Türleri
RSNA	Kuzey Amerika Radyoloji Konseyi
Sb	Segmental Bronş
SFT	Solunum Fonksiyon Testi
Sn	Saniye
Ssb	Subsegmental Bronş
Std	Standart
T	Bronş duvar kalınlığı
T/D	Bronş duvar kalınlığı / dış çap oranı
Th1	T helper 1 lenfosit
TKBT	Tek Kesitli Bilgisayarlı Tomografi
TNF- α	Tümör Nekroz Faktör- α
TV	Tidal Volüm
UCP	Eşleşmemiş Proteinler
UNSCEAR	Atomun Radyasyon etkileriyle ilgili birleşmiş milletler bilimsel komitesi
VCAM-1	Vasküler Hücre Adezyon Molekülü 1
Vol	Volum
WA	Bronş Duvar Alanı
WL	Pencere Düzey
WW	Pencere Genişliği
YRBT	Yüksek Rezolusyonlu Bilgisayarlı Tomografi

TABLolar

Tablo 1. Doğal kaynaklardan alınan radyasyon dozları	1
Tablo 2. Türkiye'de üniversite hastanelerinde DDBT kullanımı.	2
Tablo 3. Fonksiyon testlerine göre astımın sınıflandırılması	16
Tablo 4. Efektif doz eşleniği katsayıları	34
Tablo 5. 30 astımlı hastada YRBT (inspirasyon ve ekspirasyondaki)bulgularının standart doz ve düşük doza göre dağılımı	43
Tablo 6. 30 astımlı hastada astım şiddetine göre standart doz ve düşük doz toraks YRBT (inspirasyon ve ekspirasyondaki)bulguları	45
Tablo 7 : 30 astımlı hastada hem standart doz hemde düşük dozda aynı bulgular elde edilmiş olup her astımlı hasta için YRBT bulgularının gösterilmesi	47
Tablo 8. 30 astımlı hastada sağ akciğer için standart doz ve düşük doz YRBT'de (inspirasyondaki) bronş duvar ölçümleri	49
Tablo 9. 30 astımlı hastada sol akciğer için standart ve düşük doz YRBT'de (inspirasyondaki) bronş duvar ölçümleri	50
Tablo 10. 30 astımlı hastada her iki akciğer için standart doz ve düşük doz YRBT'de inspirasyonda bronş dış çaplarının karşılaştırılması	51
Tablo 11. 30 astımlı hastada her iki akciğer için standart doz ve düşük doz YRBT'de inspirasyonda bronş iç çaplarının karşılaştırılması	52
Tablo 12. 30 astımlı hastada YRBT'de kullandığımız standart doz ve düşük doz (inspirasyon ve ekspirasyondaki) kVp ve mAs değerlerinin karşılaştırılması	53
Tablo 13. 30 astımlı hastada standart doz ve düşük doz YRBT'de (inspirasyon ve ekspirasyondaki) HU değerlerinin karşılaştırılması	54
Tablo 14: 30 astımlı hastada ekspiratuar HU/ inspiratuar HU oranları alınarak standart ve düşük doz YRBT karşılaştırılması	55
Tablo 15. 30 astımlı hastada standart doz ve düşük doz YRBT'de D_E/D_I HU ortalama oranlarının karşılaştırılması	56
Tablo 16: 30 astımlı hastada YRBT'de (inspirasyon ve ekspirasyondaki) imaj kalitesinin kalitatif değerlendirilmesi	57

GRAFİKLER

Grafik 1. Histamin doz-yanıt eğrisi	12
Grafik 2. 30 astımlı hastada standart ve düşük doz YRBT (inspirasyon ve Ekspirasyondaki)bulgularının grafik halinde karşılaştırılması	44
Grafik 3. 30 astımlı hastada grup 1 ve grup 2 astımlı hastalarda YRBT bulgularının (inspirasyon ve ekspirasyondaki) grafik olarak karşılaştırılması	46

ŞEKİLLER- RESİMLER

Şekil 1. Astımda hava yolu patolojisi.	10
Şekil 2. Astım fizyopatolojisinde sitokinlerin rolü	14
Resim 1. Astım bronş duvar kalınlaşması	22
Resim 2. Astım hava hapsi	23
Resim 3. Spiral BT'nin şematik görünümü	24
Şekil 3. Yüksek rezolusyonlu bilgisayarlı tomografide bronş duvar ölçümleri	44
Resim 4. OLGU1 astım hastasının std ve dşk doz YRBT kesiti (bronş duvar kalınlaşması ve bronşektazi)	58
Resim 5. OLGU2 astım hastasının std ve dşk doz YRBT kesiti (bronş duvar kalınlaşması ve interlobuler septal kalınlaşma)	59
Resim 6. OLGU3 astım hastasının std ve dşk doz YRBT kesiti (bronş duvar kalınlaşması, bronşektazi ve amfizem)	60
Resim 7.1. OLGU4. astım hastasının std ve dşk doz YRBT kesiti (bronş duvar kalınlaşması, bronşektazi, asiner patern, atelektazi)	61
Resim 7.2. OLGU4.a astım hastasının std ve dşk doz YRBT kesiti (7.1'e ek olarak mukoid tıkaç ve streak artefaktı)	62
Resim 8.1. OLGU5. astım hastasının std ve dşk doz YRBT kesiti (bronş duvar kalınlaşması ve bronşektazi)	63
Resim 8.2. OLGU5.a astım hastasının std ve dşk doz YRBT kesiti (bronş duvar kalınlaşması, bronşektazi, fibrotik değişikler ve streak artefaktı)	64

ÖZET

ASTIMLI HASTALARDA STANDART DOZ YRBT İLE DÜŞÜK DOZ YRBT BULGULARININ KARŞILAŞTIRILMASI

Son yıllarda kronik astım olgularında bronş duvarı kalınlaşması gibi yapısal değişikliklerin toraks yüksek rezolüsyonlu bilgisayarlı tomografi (YRBT) ile saptanabildiği bildirilmektedir.

Bu olası değişiklikleri saptamak, astım şiddeti ile ilişkisini araştırmak, standart ve düşük doz YRBT bulgularını karşılaştırmak amacıyla 10. 10. 2008 - 01. 07. 2009 tarihleri arasında, akciğer radyogramında belirgin patoloji tespit edilmeyen, 30 stabil astımlı olguya hem standart doz (120kVp-180 mAs) hem de düşük doz (120kVp-60mAs) toraks YRBT çekildi. Astımlı olguların 14 (% 46,7)'ü erkek, 16 (% 53,3)'si kadın olup, yaş ortalaması $40,06 \pm 12.56$ yıl idi. Hastalık süresi 6.46 ± 5.21 yıl idi.

Astım şiddetine göre grup 1 (hafif intermitan,persistan) ve grup 2 (orta ve ağır persistan)'nin standart ve düşük doz toraks YRBT bulguları karşılaştırıldı.Fibrotik değişiklikler açısından anlamlı fark saptandı ($P<0,05$).

Standart doz ve düşük doz karşılaştırıldığında; duvar kalınlığı (T), duvar kalınlığı/dış çap oranı (T/D), bronş duvarı alanı (WA) ve bronş duvarı alanı yüzdesi (%WA) ölçümlerinde anlamlı bir fark izlenmedi($P>0,05$). Sadece sağ akciğer lob bronşu T/D oranı yönünden anlamlı bir fark vardı ($P<0,05$).

Her iki akciğer dokusunun ortalama HU (Hounsfield Unit) ve DE/Di değerleri yönünden karşılaştırıldığında anlamlı bir fark bulunmadı. Standart ve düşük dozda yapılan YRBT çekimlerde lezyon saptama hassasiyetinde istatistiksel ve görüntü kalitesi yönünden anlamlı bir fark saptanmadı.($P>0,05$)

Yarar/zarar oranı karşılaştırıldığında; düşük doz YRBT çalışmalarında, hastanın aldığı radyasyon dozunun azalması ve YRBT cihazının tüp ömrünün uzamasından dolayı, düşük doz YRBT çalışmalarının tercih edilmesi giderek önem kazanmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Astım, standart doz yüksek rezolüsyonlu bilgisayarlı tomografi, düşük doz yüksek rezolüsyonlu bilgisayarlı tomografi, mAs, duvar kalınlaşması

ABSTRACT
COMPARISON FINDINGS OF STANDARD DOSE AND LOW DOSE HRCT ON PATIENTS WITH ASTHMA

Has informed that structural changes as bronch wall thickness can determine with torax high resolution computed tomography recent years. To determine this possible changes, to study relationship with asthma severity, with the aim of comparing standart and low dose HRCT findings, between 10 September 2008 and 1 July 2009, 30 stable cases with asthma that hasn't prominent pathology on lung radiogram, both standart dose (120 kVp 180 mAs) and low dose (120 kVp- 60 mAs) torax HRCT was taken at same time.. 14 (46,7%) of asthma cases were man, 16 (53,3%) of asthma cases were women and mean age was $40,06 \pm 12,56$ years. Duration of disease was $6,46 \pm 5,21$ years.

Standart and lowe dose in group 1 (slight intermittent, persistent) and group 2 (mean and heavy persistent) torax HRCT findings were compared according to asthma severity. Fibrotic variables from the angle expressive was determine.($P < 0,05$)

When standart and low dose were compared; wall thickness (T), wall thickness/outer diameter (T/D), bronch wall area (WA), bronch wall area % (%WA) measurements from the angle expressive one difference wasn't determined .($P > 0,05$). Only Right lung bronch wall thickness (WA)/outer diamater (D) ratio from the angle expressive one diference was determined ($P < 0,05$).

Both lung tissues mean HU (Hounsifield unit) and DE/DI rates there wasn't determined for image quality or statistical significant difference in standart and lowe dose tomography in lesion sensitivite, because in P was $> 0,05$.

When Benefit/harm ratio were compared; in low-dose HRCT studies, the reduction of radiation dose the patient receives and HRCT tools tube due to prolongation of life, low-dose HRCT studies should be preferred gaining importance.

Keywords: Asthma, standart dose high resolution computed tomography, lowe dose high resolution computed tomography, mAs, wall thickness

1.GİRİŞ VE AMAÇ

Bilgisayarlı Tomografinin hastalıkların erken tanı ve takibindeki potansiyel yararlarına rağmen, bu sürede alınan radyasyonun malign hastalık riskini arttırdığı da bilinmektedir (1). BT'nin erken tanı ve takipteki yararları ile riskleri arasında bir denge kurmak gereklidir (2). Özellikle sık aralıklarla çekim yapılması gereken hastalarda bu dengenin kurulması bir zorunluluk halini almıştır.

Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu (ICRP) 'nun genel popülasyondaki değerlendirmesine göre efektif doz eşleniği 1 mSv olan radyasyonun, etkilenmiş her 100 bin bireyde 5 tane ek malignensiye yol açacağı beklenmektedir (1).

S. Diederich ve arkadaşlarının Almanya'da yapılan bir çalışmaya göre çevre, hava, gıda maddeleri gibi doğal kaynaklardan alınan radyasyonun efektif doz eşleniği toplam 2.4 mSv/yıl olarak tespit edilmiş olup aşağıda tabloda bazı maddelerin içerdiği radyasyon oranı görülmektedir. (2).

Tablo 1: Doğal kaynaklardan alınan radyasyon oranları (2)

Radyasyon tipi	mSv/yıl
Hava ve topraktaki doğal nüklidler	0.45
Uzaydan gelen toprak seviyesindeki radyasyon	0.30
Hava ve gıdaların sindiriminden oluşan içsel radyasyon	0.25
Binaların içindeki radon kaynaklı radyasyon	1.40
Total	2.40

Kıtalar arası yapılan uçak yolculuklarında ortalama efektif doz eşleniği 250 mikroSv kadardır (2). Normal günlük hayatımızda bile radyasyon alımı söz konusudur.

İki yönlü akciğer grafisinin efektif doz eşleniği çekim tekniğine göre 0.06-0.25mSv arasındadır. Akciğer tomografisinin efektif doz eşleniği ise çekim tekniğine göre 3-27 mSv arasında değişmektedir (2, 3, 4, 5).

İdeal olan çekim tekniğinin endikasyon, hasta yaşı, hasta kilosu ve gebelik gibi özel durumlar dikkate alınarak belirlenmesi ve hastayı gereksiz doz alımından olabildiğince korumaktır. Her 1 mSv'in bile ne kadar önemli olduğu bildirmektedir. 3-27 mSv oldukça

geniş bir aralıktır. Her hasta özel olarak değerlendirilmeli ve tanısal açıdan kabul edilebilir en düşük dozda çekim yapılması sağlanmalıdır.

N. Karabulut ve arkadaşları (6) düşük doz BT'nin rutinde kullanımı ile ilgili Türkiye'deki 40 üniversite hastanesindeki akademisyenler arasında bir anket çalışması yapmışlar ve bu ankette; hastanın çekim yapılacak vücut bölümüne (toraks, paranasal, batin vs.), zayıflık durumuna, hastaların çocuk ya da gebe olması gibi özel durumlarına göre BT çekim protokollerinde radyasyon dozunu azaltmaya yönelik değişiklik yapıp yapılmadığı, bu konuya ne kadar ve nasıl dikkat edildiği sorulmuş. 40 üniversite hastanesinde 33'ünün cevap verdiği anket sonuçlarına göre; üniversite hastahanelerinden % 15'i 'her zaman', % 30'u 'sıklıkla', % 34'ü 'bazen', % 6'sı 'nadiren', % 15'i 'kullanmıyoruz' şeklinde yanıt vermişlerdir. Anket sonuçları; ülkemizde hastaya ve endikasyona göre olabildiğince düşük doz kullanılması bilinci ve davranışının oluşmaya başladığı ancak yeterli düzeyde olmadığını göstermektedir. Yine anket sonuçlarına göre en çok toraks BT lerde düşük doz BT kullanıldığı anlaşılmaktadır (6). Anket sonuçları tablo 2 de özetlenmiştir.

Tablo 2. Türkiye'de üniversite hastanelerinde DDBT kullanım (6)

DDBT'nin rutin kullanımı n=33	Özel durumlarda DDBT kullanımı	Vücut bölümüne göre DDBT Kullanımı	DDBT için değiştirilen parametrlere
Her zaman 5 (%15)	Çocuklar 26 (%93)	Göğüs BT 19 (% 68)	mA ↓ 26 (% 93)
Sıklıkla 10 (%30)	Gebeler 16 (%57)	PNS BT 15 (% 54)	Pitch ↑ 12 (% 43)
Bazen 11 (%34)	Zayıflar 11 (%39)	Batin BT 14 (% 50)	kVp↓ 11 (% 39)
Nadiren 2 (%6)		BT eşliğinde girişimsel 12 (% 43)	Kolimasyon↑ 4 (% 14)
Kullanmıyoruz 5 (%15)		Üriner Sistem BT 10 (% 36)	Tarama uzunluğu↓ 4 (% 14),
		YRBT 9 (%32)	
		BT Kolonoskopi 4 (%14)	

DDBT:Düşük Doz Bilgisayarlı Tomografi.Biz bu çalışmada: mA↓, Kolimasyon↑ ve Tarama uzunluğu↓ gibi parametreleri kullanarak doz azaltmasına gidildi.

Pulmoner anatomisinin ve çeşitli parankimal patolojilerin değerlendirilmesinde çok sayıda düşük doz thorax BT çalışmaları yapılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır (7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16).

Tüm dünyada ve ülkemizde de endikasyon, hasta yaşı, hasta kilosu ve gebelik gibi özel durumlar dikkate alınarak çeşitli hasta gruplarında diagnostik açıdan kabul edilebilir en düşük dozları belirlemeye yönelik çok sayıda çalışmaların yapılmasına devam edilmektedir.

Yaptığımız çalışmada; astımlı hastalarda standart doz ve düşük doz YRBT bulgularının karşılaştırılarak cins ve kilodan bağımsız olarak yaş ve endikasyona göre yapılmıştır.

Astım, hava yollarının kronik inflamatuvar bir hastalığıdır. Astımlı hastalarda görülen bronş hiperreaktivitesi ve difüz reversibl hava yolu obstrüksiyonunun nedeni; hava yollarındaki inflamasyon ve yapısal değişikliklerdir.

Astımlı hastalarda solunum fonksiyonlarında yıllar içerisinde yavaş yavaş ortaya çıkan bozulmanın nedeni; tekrarlayan ataklar sonucu oluşan hava yolu harabiyetidir.

Kronik inflamasyonun neden olduğu doku yıkımını onarmak amacıyla organizmanın gösterdiği çabalar, bronş duvarında kalıcı yapısal değişikliklere neden olur. Bu değişiklikler, hava yolu obstrüksiyonunun artmasında ve reversibl değişikliğin kaybolmasında önemli rol oynar (17).

Konvansiyonel direkt grafiler ile görülmeyen bronş yapısal değişiklikleri ve astım şiddetinin ilişkisini ortaya çıkarmak amacıyla stabil astımlı hastalarda standart ve düşük doz YRBT çekilerek değerlendirilmesini amaçladık. Toraks bilgisayarlı tomografisi, konvansiyonel radyogramlara göre daha ayrıntılı bilgi vererek amfizem, bronşektazi gibi kronik hava yolu hastalıklarının tanısında yardımcı olmaktadır.

Son yıllarda kronik astım olgularındaki yapısal değişikliklerin YRBT ile saptanabildiği bildirilmektedir(147).

Çalışmamızda; kliniğimize başvuran astım tanısı konmuş hastaların standart doz YRBT ile düşük doz YRBT bulgularının karşılaştırılması, alınan radyasyon dozunu düşürmeyi, oluşan görüntü kalitesini karşılaştırmayı, tekrarlanan çekimlerde düşük doz YRBT protokolunu oluşturmayı ve tanı esnasında önemli bir farkın oluşup oluşmayacağını ortaya koymayı amaçladık.

2.GENEL BİLGİLER

2.1.1 TORAKSIN BT KESİTSEL ANATOMİSİ

Trakea: Trakea kıkırdak ve membranöz dokudan oluşan tüp şeklinde bir yapıdır. C6 düzeyinde larinksten, T5 düzeyinde karınaya kadar uzanır. Toraks dışı bölümü 2-3 cm, toraks içi bölümü ise 6-9 cm uzunluğundadır. Ön duvarı at nalı şeklinde konveks kıkırdaktan oluşur, arka duvarı ise membranöz dokudan oluşur ve düzdür. Trakeanın toraks içi bölümü orta hattın biraz sağında yer alır ve aşağı indikçe arkaya doğru gider.

Bronşlar:

Sağ Üst Lob Bronşu: Karınanın yaklaşık 1 cm kaudalinde sağ üst lob bronşu uzunluğu boyunca kesit alanına girer. Bu düzeyde ön ve arka segment bronşlarının ayrımı görülür. Apikal segmentin orjini yuvarlak hipodens alan olarak izlenebilir. Sağ üst lob bronşunun önünde sağ pulmoner arterin asendan dalı görülür. Üst lob bronşunun arka duvarı 2-3 mm kalınlığındadır ve akciğer dokusu ile temas eder arka duvarın kalın ve düzensiz oluşu patolojiktir. Solda bu düzeyde kesite dik geldiği için apikoposterior segment bronşu yuvarlak olarak görülür. (18)

Sol Üst Lob Bronşu ve Sağ Bronkus İntermediyus: Sol üst lob bronşu, sağ orta lob bronşunun 1 cm kranialindedir. Sol pulmoner arterin desendan yani interlobar dalı sol üst lob bronşunun posterolateralindedir. Sol hilusun lateralini oluşturan bu damar lateralde konveks olarak izlenmelidir. Lobule görünüm LAM (Lenf Adenomegali) varlığına işaret eder. Akciğer, solda sadece sol üst lob bronşu düzeyinde sol bronş arka duvarını sınırlar. Bu düzeyde de bronş duvar kalınlığının 2-3 mm'yi geçmemesi gerekir. Sağ üst lob bronşundan

itibaren bronkus intermedius oval şekilli hipodens alan olarak 2–3 kesit boyunca izlenebilir. Arka duvarı akciğer ile sınırlanmıştır. Düzensiz ve kalın olması patolojiktir. Anterior ve lateralinde sağ pulmoner arter ve bifurkasyonu yer alır. En önde süperior pulmoner ven yer alır.

Linguler ve Sağ Orta Lob Bronşu: Lingular bronş sol üst lob bronşunun devamı olarak görülür. Bazen üst ve alt segment ayrımı izlenebilir. Orta lob bronşu öne, laterale ve aşağıya doğru 30-45 derece açı ile seyrederek. Aynı düzeyde sıklıkla alt lobun süperior segment bronşunun çıkışı izlenir. Orta lob bronşu medial ve lateral segmentlere ayrılır. Orta lob bronşunun ön ve medialinde süperior pulmoner ven bulunur. Arkada oval şekilli inferior pulmoner ven görülür.

Alt Lob Bronşları: Alt lob süperior segment bronşlarının orifisleri sağ orta lob bronşu, solda linguler segment bronşu düzeyinde bulunur. Daha kaudalde bronş segmentlerinin çıkışları değişkenlik gösterebilir. Sağda medial, anterior, lateral ve posterior olmak üzere 4 adet segment mevcut olup, bu segmentler her zaman görülmeyebilir. Bu düzeyde bronşların medialinde horizontal olarak seyreden inferior pulmoner venler sol atriuma girer.

Pulmoner Parankim:

Akciğer parankiminin interlobuler septalarla ayrılan en küçük yapısal birimi olan sekonder lobul, santral akciğer bölümlerinde altıgen biçiminde, periferik alanlarda ise tabanı plevraya oturan kesik koni şeklindedir. Lobülün ortasında sentrilobüler arter ve bronşiyol bulunur, lobülü çevreleyen septada ise birçok ven ve lenfatik damar bulunur. Sekonder lobül tomografik kesitlerde normalde görülmez. Ancak patolojik durumlarda septaların belirginleşmesi ile seçilir hale gelir. Tomografik kesitlerde arteriyel ve bronşiyal yapılar birbirlerine yandaş seyrederek perifere doğru çapları azalarak dallanırlar. Normalde damarlar 3-5 mm, bronşlar ise 2-3 cm' lik subplevral mesafede görülmez, bronşlar hava ile dolu olduğundan hiperdens görülen ince bir duvar ile çevrili hipodens yapılar olarak görülür. Damarlar ise kanla dolu olduğundan hiperdens yapılar olarak izlenir. Ayrıca bu yapılar kesit planındaki seyirlerine göre tubuler veya yuvarlak şekilde görülürler Akciğer hava ile dolu olduğundan dansitesi ortalama -700 ile -900 Hounsfield ünitesi (HU) arasında değişir.(18,74)

Plevra:Plevra iki tabakadan oluşan seröz bir membran olup normal şartlarda tomografide görülmez. Daha kalın olan paryetal toraks kavitesinin içini döşer ve göğüs kaslarından gevşek alveolar bağ dokusu tabakası ile ayrılır. Visseral plevra ise akciğerleri sarar ve ayrıca loblar arasına uzanarak fissürleri oluşturur. Fissürler BT’de görülürler ve parankimdeki patolojinin lokalize edilmesinde yardımcı olurlar. Majör fissürler rölatif olarak dik seyrettiğinden kalın kesitlerde parankim içinde geniş belirsiz sınırlı lüsent bantlar, ince kesitlerde ise keskin sınırlı çizgiler olarak görülürler. Minör fissür rölatif olarak yatay seyrettiğinden kesitlerde sağ interlobar pulmoner arter lateralinde, bronkus intermedius düzeyinde sağ akciğerin ön bölümünde damardan fakir geniş bir alan olarak görülür. Bu alan üçgen şeklinde olup bazen yuvarlak veya oval olabilir.

2.2. ASTİM

2.2.1. Tanım

Astım; nefes darlığı, hışıltı, göğüste sıkışma veya öksürük gibi tekrarlayan solunum semptomları ile karakterize olan reversibl hava yolu obstrüksiyonunun eşlik ettiği bir hastalıktır. Diğer önemli özellikleri ise hava yollarının çeşitli uyaranlara karşı gösterdiği aşırı cevap, hava yıllarında artmış CD4+, Th2 lenfositler ve eozinofillerle karakterize spesifik kronik inflamasyon ile subepitelyal fibrozistir. Genetik eğilim, atopi ve alerjen ekspozisyonu ile alevlenme ise astım için önemli risk faktörleridir (19).

Astım, genellikle araya iyileşme dönemlerinin girdiği ataklarla giden inflamatuvar bronş sistemi hastalığıdır. Morfolojik bulgu olarak hastanın kliniği ile bağlantılı şekilde, bronşiyal sistemde akut ya da akuttan kroniğe dönüşen inflamasyon, iltihabi iyileşme ve yeniden yapılanmanın da katıldığı değişiklikler izlenir (20). Alerjik reaksiyon ve inflamasyon bronş duvarlarında gerçekleştiğinden, patolojik bulgular da öncelikle bronş ve bronşiyol duvarında görülür.

2.2.2 İnsidans ve Epidemiyoloji

Hastalığın dünya üzerindeki dağılımı, ülkeden ülkeye ve bazen bir ülke içinde bölgeden bölgeye değişim göstermektedir. Avustralya, Yeni Zelanda, bazı Pasifik adalarında sık (%10'dan fazla) bazı Güneydoğu Asya ülkeleri, Kuzey Amerika Kızılderilileri ve Eskimolar'da seyrek (%1'den az) görülür (21). Hastalığın Avrupa ülkelerindeki prevalansı %5-10 arasında değişmektedir. Ülkemizde saptanan prevalans rakamları genellikle batı ülkelerinden daha düşük düzeydedir. Çocukluk dönemi için "son bir yıldaki astım prevalansı" %5 ile 8 arasında iken, aynı oran erişkinlerde genelde %5'in altındadır (22,23).

2.2.3. Patoloji

2.2.3.1. Astımda Makroskopik Bulgular

Astım krizi sırasında kaybedilen hastaların otopsisinde makroskopi bulgusu olarak ilk dikkati çeken, asırı havalanma nedeniyle şişmiş ve göğüs boşluğunu kaplamış akciğerler ile çoğunlukla orta ve küçük çaplı bronş lümenlerini tıkayan koyu, yapışkan mukus tıkaçlarıdır. Plevra genellikle düzgün ve incedir. Ancak olguların %15-20'sinde özellikle üst loblarda subplevral fibrozis nedeniyle beyaz renkli kalınlaşmalar izlenebilir (24). Akciğerler tartıldığında genellikle normal ağırlığındadır, fakat boşluğundan dışarı alındığında çökmez; çünkü mikroskopik olarak orta ve küçük hava yolları bile mukus tıkaçları ile doludur. Mukus tıkaçlarının histopatolojik incelemesinde, mukus içinde dökülmüş helezon şekilli Curshmann spiralleri ve Creola cisimciği adı verilen yumak şekli almış, bronş yüzey epitelinden kopmuş epitel tabakaları görülür. Bol eozinofil, polimorf nüveli lökosit ve Charcot-Leyden kristalleri vardır (24).

2.2.3.2. Astımda Bronş-Bronşiyol Duvarındaki Değişiklikler

Astım bronş sistemi hastalığı olmakla birlikte, tutulan bronşların boyutu ve hastalığın yaygınlığı hastadan hastaya değişebilmektedir. Genellikle hastalarda orta çaplı bronşlar ve duvarında kartilaj içeren en küçük çaplı bronşlar etkilenirken, bazen bronşiyol seviyesindeki daha küçük hava yolları da tutulabilir (25). Ancak astımın morfolojik bulguları, en şiddetli olarak küçük çaplı bronşlarda izlenir (24).

Bronş-bronşiyol duvarında ödem, hiperemi ve iltihabi infiltrasyon görülür ve böylece bronş duvarı kalınlaşır ve lümeninde daralma gözlenir. İltihabi infiltrasyon olarak en önemli yer

tutan hücreler eozinofil polimorflardır. Alerjik reaksiyonun şiddetine bağlı olarak iltihabi infiltrasyonun %5-50'sini eozinofil polimorflar oluşturur (26). İnfiltrasyona katılan diğer hücreler ise mast hücreleri, makrofajlar, lenfosit, plazmositler ve bir miktar nötrofil polimorflardır. İnfiltrasyonda izlenen lenfositlerin büyük çoğunluğu CD4+ ve özellikle de interlökin-4 (IL-4) ve IL-5 salgılayan Th2 hücrelerdir (27).

Bronş-bronşiyol epitelinde tek katlı silli silendirik epitelin rejenerasyonu ve salınan sitokinlerin etkisiyle bir miktar hiperplazi sonucu tabakalanmada artış meydana gelir. Yine alerjik reaksiyon sonucu mukus sekresyonunun artmasına neden olan goblet hücre hiperplazisi-metaplazisi görülür. Büyük çaplı bronş epitelinde goblet hücre hiperplazisi, normalde daha küçük çaplı olan bronşiyollerde bulunmayan goblet hücrelerinin buralarda ortaya çıkması ile de metaplazi oluşur.

Astımın kalıcı histomorfolojik özelliklerin en başında yüzey epitelinin bazal membranında kalınlaşma gelir. Bazal membrandaki bu kalınlaşma yine inflamasyon sonucu salınan sitokinlerin etkisi ile retiküler tabaka olarak da isimlendirilen bazal membranda tip I, III ve V kollajen ve fibronektin artışı ile karakterizedir (27). Djukanovic astımlı kişilerden alınan biyopsilerdeki bazal membran kalınlığını kontrol grubundaki ile karşılaştırmış ve kalınlığın kontrol grubunda sadece 7 µm iken, astımlılarda ortalama 17.5 µm'ye ulaştığını saptamıştı (27). Yapılan araştırmalar bazal membran kollajenizasyonunun astımdaki en erken ve kalıcı patoloji olduğunu göstermiştir. Farklı etiyojilere bağlı olarak bazal membran kalınlaşması farklılık gösterebilmekte ve aynı etiyojide bile hastadan hastaya farklı kalınlaşma oluşabilmektedir. Ayrıca, bazal membran kalınlığının hastalığın süresi ya da şiddeti ile de paralellik göstermediği belirtilmektedir (29). Ancak, bir çalışmada bazal membran kalınlaşmasının astımlılarda yeniden yapılanmanın en önemli parametresi ve hastalığın ciddiyeti ile ilişkili olabileceği vurgulanmaktadır (30).

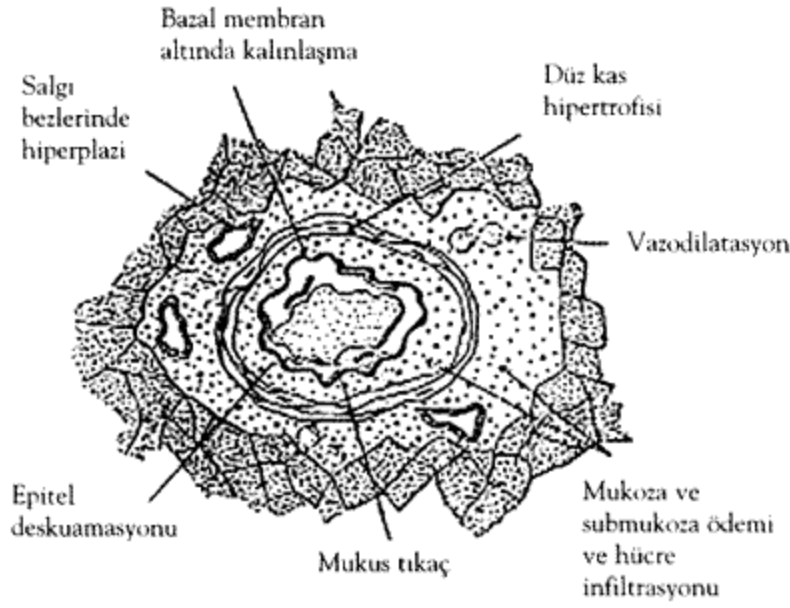
Hastalığın kronikleşme bulguları arasında kollajen artışı, sadece bazal membranda değil, epitel altındaki submukozada da meydana gelir. Chu ve ark. steroid bağımlısı olan astım hastalarında tedaviye direnç görülebileceğini, bunun da aşırı submukozal kollajenizasyon şeklindeki yeniden yapılanmayla ilişkili olduğunu ve bronş biyopsileriyle submukozal kollajenizasyonun ölçülmesinin önemli olabileceğini belirtmektedir (31).

Astımda bronş ve bronşiyol duvarındaki kalıcı değişikliklerden biri de bronş duvarında düz kas hipertrofi-hiperplazisidir. Astımda düz kas hücrelerinin çap ve sayısındaki artış

kronik bronşittekinin tersine, genellikle daha büyük ve orta çaplı bronş duvarlarında görülür (27). Astım hastalarının bronş duvarındaki düz kas hipertrofisi klinik semptomların ortaya çıkmasında çok önemli rol oynar. Yapılan araştırmalar antijene maruz kalma yoğunluğu ve sıklığı ile düz kas hiperplazisinin yoğunluğu arasında ilişki olabileceğini düşündürmektedir. Antijenin epiteli aşarak bronş duvarında migrasyon gösterdiği, bunun sonucunda oluşan inflamasyon ile salınan iltihabi mediyatörler, sitokin ve büyüme faktörlerinin düz kas hücrelerinde çoğalma ve diferansiyasyon kaybına yol açtığı gösterilmiştir (19,22). Astımlı olgularda bronş ve bronşiyol duvar kalınlaşmasının nedeni büyük oranda düz kas hücreleri ve seromuköz bezlerdeki hiperplazidir (Şekil1). Fatal seyreden astımlılarda yapılan incelemeler düz kas hiperplazisinin oranının prognozda çok önemli olduğunu göstermiştir (32).

2.2.3.3. Astımda Akciğer Parankimindeki Morfolojik Değişiklikler

Astım bronş sistemi hastalığı olduğundan, akciğer parankimindeki değişiklikleri araştıran pek fazla çalışma yoktur. Astım krizi sırasında kaybedilen hastaların otopsilerinde, göğüs boşluğu açıldığında makroskopik olarak aşırı havalanmış akciğerler izlenir. Genellikle akciğer parankiminde aşırı şişmenin yanı sıra, arada küçük atelektazi alanları mevcuttur. Mikroskopik incelemede ise bazı hastalarda özellikle plevra altında olmak üzere düzensiz amfizem alanlarının izlenebileceği belirtilmektedir (32). Ancak kronik obstrüktif akciğer hastalığı (KOA) hastalarında olduğu gibi alveol duvarının destrüksiyonu sonucu gelişen ciddi parankim hasarı görülmez.



Şekil 1: Astımda hava yolu patolojisi. Bronş düz kaslarında kasılma, hipertrofi, salgı bezlerinde genişleme, mukoza ve submukozada ödem ve hücre infiltrasyonu, vazodilatasyon, lümende mukus tıkaçı.

2.2.4. Patogenez: Astımda bronş-bronşiyol ve alveol duvarındaki değişiklikler kompleks olayların sonucudur. İnflamasyon bu yapılarda bulunan hücrelerin tetiklenmesi ile başlamakta ve gelişmektedir. Bu hücreler epitel hücreleri, CD4+ T lenfositler, mast hücreleri, eozinofiller ve hatta endotel hücreleridir. Astımda inflamasyonun şekillenmesinde astımlı kişinin genetiği ve yaşadığı çevre belirleyicidir.(33)

2.2.4.1. Astım Patogenezinde Rol Oynayan Genetik Yapı: Astımlı ailelerde yapılan genetik çalışmalar atopi, solunum yolu aşırı duyarlılığı ve astımın ortak bir genetik kontrol altında olduğunu doğrulamaktadır. Astım, atopi ve solunum yolu aşırı duyarlılığı ile ilişkili olduğu varsayılan gen grupları 2.-7., 9., 11.-14., 16., 17. ve 19. kromozomlar üzerindeki lokuslarda yerleşmiştir. Bu kromozomlar arasında özellikle 5., 11. ve 12. kromozomlar üzerindeki lokuslar çok önemlidir. 5. kromozom üzerindeki 5q23-q33 ve q31 alanı çok sayıda IL salınımında β 2-adrenerjik reseptör etkinliğinden sorumlu iken, 11. kromozom ise atopiden, IgE seviyesinden ve deri testlerinin pozitifliğinden sorumlu görülmektedir. Kromozom 12

üzerindeki lokuslar ise IL-4 yapımından, mast hücresi büyümesinden, astım-atopi ilişkisinden sorumludur (34).

2.2.4.2. Astım Patogenezinde Rol Oynayan Çevre Faktörleri

Çevremizde varolan alerjenler, kimyasal duyarlılaştırıcılar, sigara dumanı, hava kirliliği, ısınmak ve yemek pişirmek için evde kullanılanlar, solunum yolu infeksiyonları, sosyoekonomik yapı, kullanılan ilaçlar astım için birer risk faktörüdür. Güncel bilgilere göre kişinin genetik zemini ile birlikte hayatın ilk yıllarındaki infeksiyonlar, alerjenle karşılaşma organizmada mevcut yardımcı T lenfosit (Th2) fonksiyonlarını etkiler (35). Th2 lenfosit fonksiyonları değişerek özelleşmiş, farklılaşmış olan bu kişi, daha sonra alerjenler, viral infeksiyonlarla karşılaştığında solunum yolları ve alveol duvarında akut inflamasyon gelişir; bu tekrarlayan inflamasyonlar nedeniyle bronş ve bronşiol duvarında yeniden yapılanma oluşarak inflamasyon kronikleşir. Akut inflamasyon ve yeniden yapılanmanın oluşturduğu akut ve kronik değişiklikler yakınmaların ortaya çıkmasına yol açar.

2.2.4.3. Astımda İnflamasyonun Özellikleri

Astımda inflamasyon periferik ve santral iletilici solunum yollarındadır. Respiratuar bronşiyollerin tutulduğu olgularda nokturnal yakınmalar daha belirgindir. Bronş-bronşiyol duvarında inflamasyon lümeniden başlamakta, epitel ve sonrasında bronş düz kas tabakasının iç ve dış tarafını kapsamaktadır. İnflamasyonun özelliklerinin belirlenmesinde taşıyıcı solunum yolu epitel hücresinin rolü büyüktür.

2.2.4.4. Epitel Hücresi ve İnflamasyon

Tüm taşıyıcı solunum yolları boyunca burundan terminal solunum yollarının sonuna kadar epitel metabolik olarak aktiftir. Epitel hücreleri birbirine desmosom adı verilen adezyon molekülleri ile, bazal membrana hemidesmosomlarla sıkı sıkıya bağlıdır. Silialı ve siliasız epitel yüzeyinde sekretuar bezler ve sekretuar Goblet hücre kaynaklı iki tabakalı mukus vardır. Epitel aralıkları arasında iyonlar ve makromoleküller için özel seçici bir geçirgenlik söz konusudur. Alerjenler sağlam bariyerleri geçemezler. Epitel hücresi bazı mediyatörleri serbestleştirerek, düz kas hücrelerini, sekretuar bezleri, sinirleri ve damar yatağının kontrolünü sağlar. Epitel hücresi uyarıldığında süperoksit dismutaz, katalaz ve glutatyon

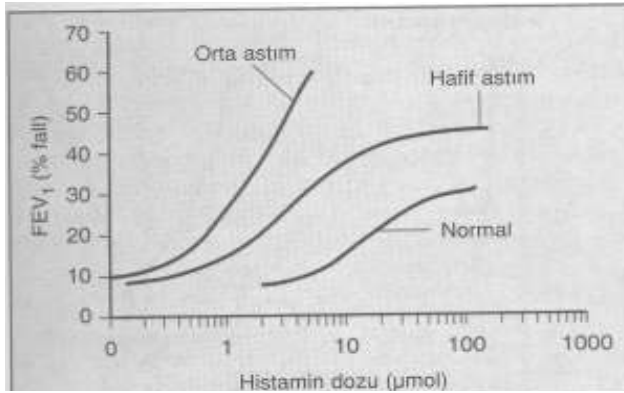
peroksidaz salgılar ve bunlarla astımda bronş duvarı inflamasyonunda rol alan makrofaj, eozinofil ve nötrofil kaynaklı O_2^- , H_2O_2 ve OH^- gibi oksidanların kontrolünde rol alır (35).

2.2.4.5. Mast Hücreleri ve İnflamasyon

Astım patogeneğinde en fazla role sahip olan hücreler mast hücreleridir. Yüzeyindeki reseptörlerle IgE'yi güçlü bir şekilde bağlar. Astımda yoğun olarak IgE bağlanmış mast hücreleri tüm hava yolu boyunca ve özellikle epitel ve submukozada yer alır. Lümende nadiren bulunur. Mast hücresinden serbestleşen histamin vazodilatasyon, plazma eksudasyonu, bronkokonstriksiyon, aferent sinir uçlarında stimülasyon ve mukus sekresyonunda artışa sebep olur (19,20).

Mast hücreleri alerjenle karşılaşmanın ardından uyarıldıkları gibi, egzersiz, soğuk hava ve hiperventilasyon gibi fiziki koşullarla da uyarılabilir. Astımda mast hücresi uyarıldığında histamin, triptaz, kinaz serbestleşir. Triptaz epitel hücrelerini uyarır ve epitel hücrelerinin IL-2 salınımına ve nötrofil göçüne yol açar(37).

Grafik 1: Histamin doz yanıt eğrisi



Grafik 1'de hafif orta astımlı ve normal kişilerde inhale histamin dozuna karşı FEV1 deki düşüş yüzdesi işaretlenmiştir. Normal kişiler ve hafif astımlılarda doz-yanıt eğrisinde sıklıkla bir plato elde olunur, orta dereceli astımlılarda FEV1 de %60 lık azalmaya rağmen plato oluşmaz. Astımda doz- yanıt eğrisinde sola kayma ve maksimum yanıtta bir artış karakteristiktir. (38)

2.2.4.6. Eozinofiller ve İnflamasyon

Eozinofiller, astımın patogenezinden ilk sorumlu tutulan hücrelerdir. Eozinofiller lökotrien ve oksidanların önemli bir kaynağıdır. Eozinofiller serbestleştirdikleri lökotrienlerle düz kas hücrelerini uyararak bronkokonstriksiyona, endoteli uyararak geçirgenlik artışına neden olur (39).

2.2.4.7. Lenfositler ve İnflamasyon

Astımlıların bronş duvarında bol miktarda T lenfosit ve az miktarda da B lenfosit bulunmaktadır. Astımlıların mukoza biyopsilerinde CD4+ T lenfositler artmıştır. CD8+ T lenfositler mukozada azdır. T lenfosit kökenli lenfositlerden IL-3 ve IL-5 eozinofil aktivasyonu, maturasyonu ve yaşam süresinin belirlenmesinde etkindirler. Lenfosit kaynaklı IL-3, IL-4 ve IL-5 bazofil ve mast hücrelerinin farklılaşmasında etkindirler (37).

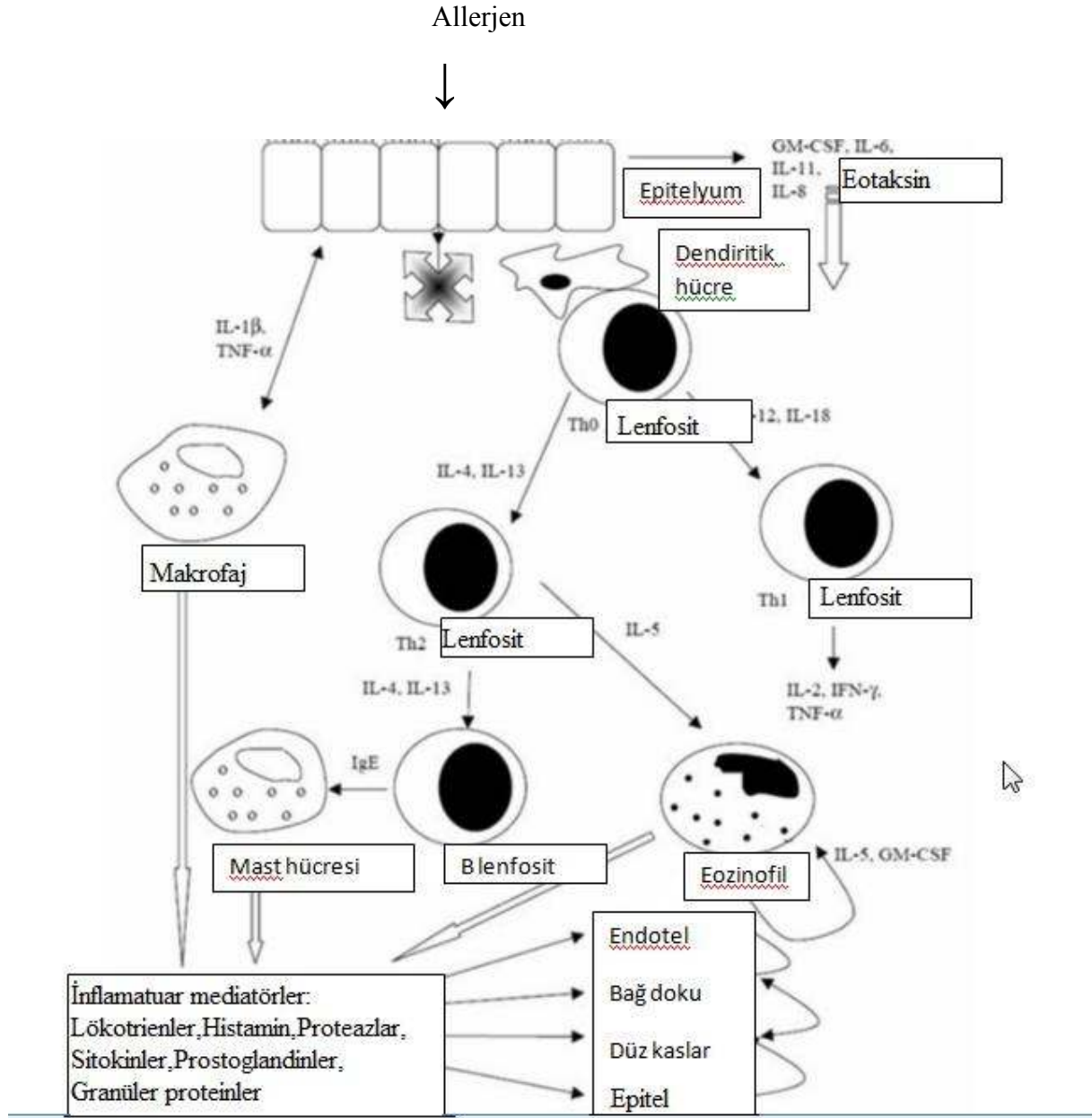
2.2.4.8. Astımda Bronş Duvarında İnflamatuar Hücre Birikimi

Astımlılarda alerjenle karşılaşmanın ardından mast hücresinin programladığı erken astım yanıtı sırasında akciğerlerde inflamasyon oluşur. Mast hücreleri bol miktarda sisteinil lökotrien, prostaglandin D₂, histamin serbestleştirir. Alerjenle karşılaşmadan yaklaşık 10 dakika sonra bronş ve bronşiyol duvarında nötrofiller birikir ve yaklaşık 30 dakika sonra eozinofiller görülmeye başlandığında nötrofiller azalır (40).

Alerjen ile karşılaşmayı izleyen 1.-2. saatlerde T lenfositler (özellikle CD4+ Th2), makrofajlar, mast hücreleri, eozinofiller en yüksek seviyesindedir. Bronş duvarındaki mast hücre yüzeyinde mevcut reseptöre bağlı IgE ile antijen bağlandığında serbestleşen lökotrien C₄, histamin ve prostoglandin D₂ bronkospazma, bronş duvarında ödeme ve mukus artışına neden olur. Bu dönemde mast hücresi geç astım yanıtını başlatacak ve bazı hücre ürünlerini de serbestleştirir: TNF- α , IL-4, IL-6, IL-13, histamin, triptaz gibi. Bunun sonucunda da bronş duvarının tüm katmanlarında düz kas kontraksiyonu, ödem, inflamatuvar hücre artışı, endotel ve fibroblast aktivasyonu artar (40).

Bu inflamatuvar olayların sonunda solunum yolu epiteli, lamina propria ve submukozada değişiklikler meydana gelir. Bu değişiklikler büyük ve küçük solunum yollarındadır. Astımlılarda bronş duvarındaki yeniden yapılanmadan; bronş düz kaslarında hipertrofi, hiperplazi, kontraksiyon ve aşırı duyarlılık artışı; submukozada bazal membranın

altında gerçekleşen subepitelyal fibrozis; bronş duvarındaki damarlanma, submukozal bezlerde artış ve plazma kaçağına bağlı ödem sorumludur.



Şekil 2: Astım patofizyolojisinde sitokinlerin rolü (41)

2.2.5. Klinik Belirti ve Bulgular

Astımlı hastaların tanısı ve klinik değerlendirilmesinde öykü çok önemlidir. Tanı yanında hastalığın takibi, kötüleşmeye yol açan faktörlerin ve tedavinin belirlenmesi

yönünden, öykü klinisyene büyük katkı sağlar. Bu nedenle, astımlı hastalarda semptomların zamanı ve ortaya çıkış şeklinin tanı açısından dikkatle değerlendirilmesi gerekir. Astımın en sık semptomları dispne, göğüste sıkışma hissi, öksürük ve hışıltıdır. Semptomlar değişkendir ve tipik olarak solunum yolu enfeksiyonları, aşırı egzersiz, alerjen ekspozisyonunda, iritanlarla karşılaşıldığında alevlenir. Semptomların gece alevlenmesi tipiktir.

Dispne, astımlı hastalarda en sık görülen semptomdur. Astımlı hastalardan dispneyi tarif etmeleri istendiğinde inhalasyon ve ekspirasyon zorluğu ile göğüste sıkışma hissi ön plana çıkmıştır (42). Hışıltı, astım için önemli bir semptomdur. Hışıltı daralmış hava yollarından geçen yüksek hızlı akıma bağlıdır. Bu ses hasta tarafından da rahatlıkla duyulabilir. Hışıltının zaman zaman ortaya çıktığı için yokluğu tanının dışlanmasına neden olmamalıdır.

Öksürük de astımın sık görülen semptomlarından biridir. Diğer semptomlar eşlik edebileceği gibi tek başına da bulunabilir. Öksürük varyant astım olarak da bilinen bu tablo nadir değildir. Öksürük çoğunlukla hastalar düzelmeye başladığında, hava yolunu tıkayan mukus tıkaçları ekspektorasyon için trakeabronsiyal ağaç içinde yer değiştirdiklerinde ortaya çıkar. (43).

2.2.6. Solunum Fonksiyon Testleri

Astımda solunum fonksiyon testlerinin kullanılmasının amacı obstrüksiyonun, reversibilitenin, bronş aşırı duyarlılığının ve değişkenliğin saptanması ve tedavi ile bunlardaki değişimin değerlendirilmesidir. Solunum fonksiyon testleri tanıya yardımcı en önemli laboratuvar yöntemidir. Obstrüksiyonun değerlendirilmesinde en sık akım-volüm halkası, FEV1 ve FEV1/FVC parametreleri kullanılırken, gün içi değişkenliğin değerlendirilmesinde PEF değeri kullanılır. Spirometrinin ucuz ve noninvaziv olması, genellikle hastalar tarafından iyi tolere edilmesi ve hastalığın şiddetini ve progresyonunu oldukça iyi göstermesi kullanımını yaygınlaştırmıştır. Gerçekte bir akım hızı olan FEV1 tüm obstrüktif hastalıklarda olduğu gibi astımda da obstrüksiyonun en iyi göstergesidir. Zorlu vital kapasitenin efora bağımlı kısmı büyük hava yolları, solunumun ekspiratuvar kasları ve akciğer elastik geri çekilme kuvvetinin durumunu yansıtır. Erken dönemde astımlıların çoğunda FVC korunmuş

olduğundan, FEV1/FVC özellikle erken dönem obstrüksiyonun saptanmasında önemli bir parametredir. Ağır astımlılarda ise rezidüel volümdeki artışa bağlı olarak FEV1/FVC oranı korunmuş bulunabilir. Maksimal ekspiryum ortası akım hızı, FEF25-75 büyük oranda efordan bağımsızdır ve küçük hava yollarının durumunu gösterir. Ancak tekrarlanabilirliği ve duyarlılığı FEV1'deki kadar yüksek değildir. Klinik olarak astımı düşündüren olgularda diğer solunum parametreleri normal olsa bile FEF25-75'te düşme anlamlı kabul edilmelidir.

PEF astım tanı ve tedavi izleminde oldukça yardımcı bir testtir. Özellikle hastaların evde kendi durumlarını takip etmeleri için ideal bir yöntemdir. Günlük PEF değişkenliğinin %20'nin üzerinde olması, astım için tanı koydurucudur. Değişkenlik farklı yöntemlerle hesaplanabilir, en sık kullanılan yöntemlerden birisi sabah bronkodilatör öncesi değer ile akşam bronkodilatör sonrası arasındaki farkın bu iki değere bölünmesi şeklindedir (44). Reverzibilite ve bronş provokasyon testlerinde de spirometri ve referans değer olarak da FEV1 kullanılmaktadır.

Solunum fonksiyon testlerine göre astımın sınıflandırılması Tablo 3'de görülmektedir.

Tablo 3: Solunum fonksiyon testlerine göre astımın sınıflandırılması

	FEV1 Beklenen	PEF Değişkenliği
Hafif İntermitan	> % 80	< %20
Hafif Persistan	> % 80	% 20-30
Orta Persistan	% 60-80	> %30
Ağır Persistan	< % 60	> %30

2.2.7. Astım Şiddetinin Derecelendirilmesi

Astımlı olgularda fenotipler ve çevresel etkenler açısından farklı olguların yanı sıra, inflamasyon düzeyi, semptom ve fonksiyonel parametreleriyle de çok farklı olan olgular bulunmaktadır. Tedaviler kişisel yanıtlarla değişebilmekle birlikte bazı olgu gruplarının kategorize edilerek sınıflandırılmasının tedavinin standardizasyonunda kolaylık sağlayabileceği düşünülmüştür. Bu amaçla çeşitli rehberler bazında sınıflamalar yapılmıştır. Bu derecelendirmelerde, genellikle klinik bulgulara ve akciğer fonksiyon testlerine dayalı sınıflamalar kullanılır. Buna göre sınıflamanın inflamasyon düzeyiyle paralel olduğu

gösterilmiştir (25). Astımda görülen artışa küresel bir çözüm arayışı içinde ve en son çıkan kanıta dayalı çalışmaların sonuçları göz önüne alınarak “Global Initiative for Asthma” (GINA) tarafından bir tanı ve tedavi rehberi yayınlanmıştır. İlki 1992 yılında yayınlanan rehber ve derecelendirme 1995’te ve 2002’de yenilenmiştir (45).

2.2.8. Radyoloji

Komplikasyonsuz astımlı olgularda radyolojik bulgular, patolojik ve patofizyolojik değişimlere bağlıdır. Radyolojik anormalliklerin görülme sıklığı, astımın başlangıç yaşı ve ağırlık derecesi, başka bir hastalığın varlığı ya da astım komplikasyonları gibi birçok faktörlerden etkilenir (27). Astımda temel radyolojik bulgular, görülme sıklığına göre sırasıyla hiperinflasyon, bronş duvar kalınlaşması, ana pulmoner arterlerin belirginleşmesine bağlı hiler genişleme ve alveolar hipoventilasyon sonucu gelişen periferik oligemidir (47).

2.2.8.1. Hiperinflasyon

Astımlı hastalarda öncelikle akut ataklarda göğüs radyografilerinde hiperinflasyona bağlı saydamlık artışı izlenir. Ancak, hiperinflasyon hastalığın remisyon döneminde de görülebilen bir bulgudur. Alevlenme döneminde erişkin astımlı olgularda hiperinflasyon görülme sıklığı % 20 ile % 70 arasında değişmektedir (45). Sıklıkla kısa süreli olmakla birlikte, kalıcı değişiklik olarak da saptanabilmektedir. Kalıcı olarak izlenen hiperinflasyon, akciğer kompliyansındaki değişiklikten kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte sigara içen astımlı hastalarda amfizeme bağlı hiperinflasyon da izlenebilir (48, 49).

2.2.8.2. Bronş Duvar Kalınlaşması

Bronş duvar kalınlaşması, astımlı hastalarda görülme sıklığı değişik oranlarda tanımlanmış bir bulgudur. Astımlı hastalarda bronş duvarı kalınlaşmasını araştıran çalışmaların birinde, 3 ile 74 yas arasında 1909 astım hastası incelenmiş ve bronş duvarı kalınlaşmasının çocuklarda daha yaygın olduğu belirtilmiştir. Erişkinlerde çocuklardakine göre seyrek görülmekle birlikte, çalışmada 3.-4.dekadtaki hastalarda bronş duvarı kalınlaşması %50 oranında olduğu bulunmuştur. Ayrıca, erişkinlerdeki bronş duvarı kalınlaşmasının geri dönüşsüz olduğu vurgulanmıştır (50).

2.2.8.3. Santral Bronşektazi:Santral Bronşektazi; tipik olarak mukus tıkaçlarına bağlı bronş oklüzyonuyla birlikte. Alerjik bronkopulmoner aspergillozun eşlik etmediği hastalarda da bronşektazi görülebilir. Komplikasyonsuz astımlı hastaların %15-77'sinde bronşektazi görüldüğü bildirilmiştir (46,51).

2.2.8.4. Akciğer Işın Geçirgenliğinde Artma

Akciğerin parankim dansitesinde fokal ya da diffüz azalma izlenir (48). Fokal ya da yaygın hava hapsi alanları ve alveolar hipoventilasyona bağlı gelişen pulmoner oligemi sonucu bu bulgular ortaya çıkar. Hava hapsi alanlarının yaygınlığı hava akımındaki obstrüksiyonu yansıtır. Akciğer parankimindeki bu değişiklikler, özellikle ekspiryumda alınan tomografi kesitlerinde belirgindir. Sırtüstü pozisyonda ekspiryumda alınan tomografi kesitlerinde akciğerin alt bölgelerinde saptanan hava hapsi alanları sağlıklı kişilerde de görülebilmektedir (52).

Son yıllarda astımlı hastalarda bronşiyal sistemde ve parankimindeki değişiklikleri irdeleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Özellikle yüksek rezolüsyonlu bilgisayarlı tomografi ile hava yollarındaki dinamik değişiklikleri, çeşitli farmakolojik ajanlara karşı bronşların yanıtını, bronş lümeni ve duvarındaki değişiklikleri inceleyen çalışmalar yaygınlaşmaktadır (52-54).

2.2.9. İnflamasyon Takibi

Astımda hava yollarındaki kronik inflamasyon temel patoloji kabul edilmektedir. Hava yolu inflamasyonun önemi, klinik bulgularla inflamasyon şiddeti arasındaki ilişkinin ortaya konması ve inflamasyonun baskılanmasının belirgin klinik düzelme sağlandığının gösterilmesiyle daha iyi anlaşılmıştır (55,56). Astımlı hastalarda gerek tanının kesinleştirilmesinde gerekse tedavinin etkinliğinin izlenmesinde hava yolu inflamasyonunun takibi önem kazanmaktadır.

Hava yolu inflamasyonunda baskın hücreler eozinofiller, T lenfositler ve mast hücreleri olarak sıralanabilir. Hem bu inflamatuvar hücreler, hem de hava yollarındaki yapısal hücreler çok çeşitli medyatör ve sitokinler salgılayarak inflamasyonun gelişimine katkıda bulunur. Hava yolu inflamasyonunun takibinde dolaylı ve dolaysız göstergeler kullanılabilir. Semptomlar, solunum fonksiyon testleri, bronş hiperreaktivitesi, zirve akım hızı değişkenliği

ve kan ve idrarda inflamasyon belirteçlerinin tespiti dolaylı göstergeleridir. İnvaziv olmamaları en önemli avantajlarıdır fakat doğrudan inflamasyonu gösterememeleri kullanımlarını sınırlamaktadır (57,58).

İnflamasyonun dolaysız göstergeleri ise; bronş biyopsisi, bronkoalveolar lavaj, balgam, ekspirasyon havasında nitrik oksit ve yoğunlaştırılmış ekspirasyon havası belirteçleridir. Astımlı hastalardan alınan bronş biyopsisi örneklerinde en çok karşılaşılan değişiklikler bronş epitel kaybı, bazal membran kalınlaşması, fibrozis ve başta aktive eozinofiller, Th2 lenfositler ve mast hücreleri olmak üzere yoğun inflamatuvar hücre varlığı olarak sıralanabilir (29,59,60) Tüm bu ataklarla ilişkili olup olmadığı ve antiinflamatuvar tedaviye yanıtı birçok çalışmada araştırılmıştır. Bu belirteçlerle solunum fonksiyon testleri, bronş hiperreaktivitesi, semptom varlığı gibi klinik göstergelerin ilişkili olduğu ve ataklarda inflamasyon şiddetinin arttığı gösterilmiştir (61-63).

Bronkoalveolar lavaj (BAL) akciğer hastalıklarında inflamatuvar hücre hakimiyetini ortaya koymak için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Astımlı hastalarda BAL sıvısında eozinofil miktarı sağlıklı bireylerden yüksek bulunmuş ve eozinofil miktarlarının hastalığın ağırlığıyla ilişkili olduğu belirtilmiştir. Benzer şekilde, eozinofilik katyonik protein, majör bazik protein gibi eozinofilik proteinler de astımlı hastalarda artmıştır (63-64). Eozinofiller dışında mast hücreleri, epitel hücreleri ve Th2 lenfositler astımlı hastalarda kontrollerdekinden yüksek bulunmuştur (66). BAL mast hücresi ve triptaz düzeyi yüksekliğinin tedavi yetersizliğinin bir göstergesi olabileceği ileri sürülmüştür (67).

Balgam tetkiki invaziv olmaması ve hava yollarını doğrudan temsil etmesi nedeniyle astımlı hastalarda inflamasyon takibinde tercih edilen bir yöntemdir. Fakat astımlı hastaların çoğunun spontan balgam çıkarmaması, bu tetkikin uygulanmasını güçleştirmektedir. Bu nedenle indüklenmiş balgam astımlı hastalarda daha kullanışlıdır. Astımlı hastalarda hastalığın ağırlık derecesine, atak olup olmamasına ve steroid kullanıp kullanmamasına göre % 5-29 arasında değişen oranlarda eozinofil tespit edilmiş ve bunun klinik göstergelerle bağlantılı olduğu bildirilmiştir (68).

Son yıllarda ağır astımlı olgularda balgam nötrofil sayılarının da artmış olduğu ve inhale steroide yanıtızlık ile balgam nötrofil sayılarının ilişkili olduğu bildirilmiştir. Bu nedenle başlangıç eozinofil yüzdelerinin belirlenmesinin steroid tedavisine ihtiyacı belirlemede önemli bir gösterge olduğu ileri sürülmektedir(68).

Ekspirasyon havasında nitrik oksit (NO) ölçümü invaziv olmayan bir yöntem olduğu için sıklıkla kullanılmaktadır. Fraksiyone ekspiratuar NO düzeyleri astımlı hastalarda yüksek bulunmuş, ataklarda daha belirgin düzeyde arttığı ve steroid tedavisiyle azaldığı gösterilmiştir (70). Fraksiyone ekspiratuar NO düzeyleri inflamasyonun diğer göstergeleri arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalarda ise çelişkili sonuçlar alınmıştır. Bazı araştırmacılar biyopsi ve indüklenmiş balgam eozinofil miktarları ve fraksiyone ekspiratuar NO ile anlamlı ilişki olduğunu (71), bazı araştırmalar ise olmadığını bildirmektedir (72). Yoğunlaştırılmış ekspiryum havası astımda inflamasyonun takibinde kullanılan yeni, invaziv olmayan bir yöntemdir. Yöntemin yeni, dolayısıyla standardize edilmemiş olması birçok metodolojik sorunlara yol açmaktadır. Astımlı hastalarda yoğunlaştırılmış ekspiryum havasında en fazla çalışılan belirteçler H₂O₂ ve CO gibi oksidatif stres göstergeleri olup belirteçlerin astımlı hastalarda sağlıklı bireylerden daha yüksek olduğu belirtilmektedir (73).

2.3. Astım ve Yüksek Rezolüsyonlu Bilgisayarlı Tomografi

Astımlı hastalarda YRBT bulguları pek çok çalışmaya konu olmuştur. En sık rastlanan anomaliler bronş duvar kalınlaşması, bronşial dilatasyon ve hava hapsidir. Hava yolu boyutlarının ölçülmesinin sıklıkla iki nedeni vardır. Bunlar; klinik bir araştırma için çalışma grubunun bronş lümeni alanlarının dağılımını ölçmek ve klinik çalışmalarda bronş daralması ya da genişlemesi gibi anomalileri tanımlamaktır.

Astımda bronş duvar kalınlaşması yapısal bir değişiklik olmakla birlikte, fonksiyonel etkisi önemlidir. Astımlı hastalarda bronş duvar kalınlaşması ödem ya da inflamasyonda geçici artış sonucu ortaya çıkabileceği gibi bronş düz kası, ekstraselüler matriks, elastik ve kollajen dokuda artış sonucu da ortaya çıkabilir. Duvar boyutlarındaki kantitatif değişiklikleri tanımlayabilmek için farklı bronşlardan ölçüm yapılması gerekmektedir. Prevelans çalışmalarında astımlı hastalarda kontrol grubuna göre küçük hava yollarında duvar alanın anlamlı şekilde artmış olduğu saptanmıştır (78).

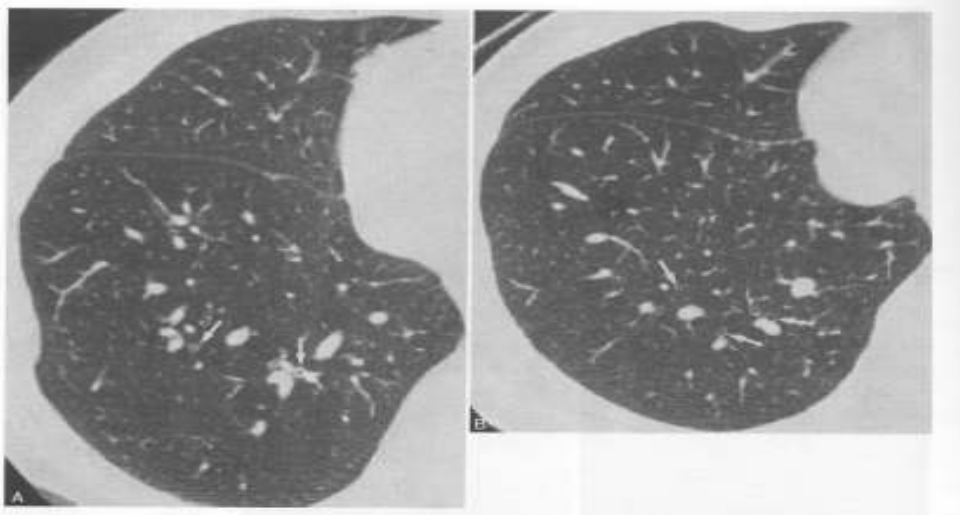
Astımda bronş duvar kalınlaşması en azından kısa süreler için irreverzibl gibi görünmektedir. Akut alevlenmede tedavi ile bronş duvarının kalınlığında değişiklik saptanmayan çalışmalar mevcuttur (77). Bronş duvar kalınlaşmasını saptamak için kalınlık/duvar dış çapı oranı kullanılabilir. Bu oran hava yolu daralması ya da dilatasyon derecesini göstermede sensitiftir (76). Hava yolu daralması sırasında duvar alanı korunuyorsa

bronş duvarı kalınlaşmak durumundadır; düz kas kasılması dış çapı azaltırken, duvarı kalınlaştırır. Daha güvenilir bir ölçüm ise duvar alanıdır. Birçok çalışmada astımda bronşial dilatasyonun saptandığı bildirilmiştir (77).

Astımda bronşial dilatasyon yüksek rezolüsyonlu bilgisayarlı tomografinin kullanılması ile tanımlanmaya başlandığından klinik önemi henüz bilinmemektedir. Sağlıklı bireylerde de bronşların çapı %4-19'nun eşlik eden arterden büyük olabildiği gösterilmiştir (78).

Bronşial dilatasyonun astımda daha sık olduğu bildirilmişse de, bir hastada hem daralmış hem de genişlemiş bronşlar aynı anda bulunabildiğinden bronş genişliği değişkenlik göstermektedir. Bronşun dilate görülmesinin bir nedeni de eşlik eden arterin daralması olabilir. Deniz seviyesi ile yüksek irtifada çekilen yüksek rezolüsyonlu bilgisayarlı tomografilerde arter çaplarında farklılık gösterilmiştir(79). Bronş/damar çapı oranındaki heterojenite, klinik olarak stabil oldukları dönemde bile astımlı hastalarda sıklıkla gözlenen ventilasyon/perfüzyon eşitsizliği nedeniyle de olabilir. Akciğerin parankim dansitesinde fokal ya da diffüz azalma ; Fokal ya da yaygın hava hapsi alanları ve alveolar hipovekilasyona bağlı gelişen pulmoner oligemi sonucu ortaya çıkar(80).

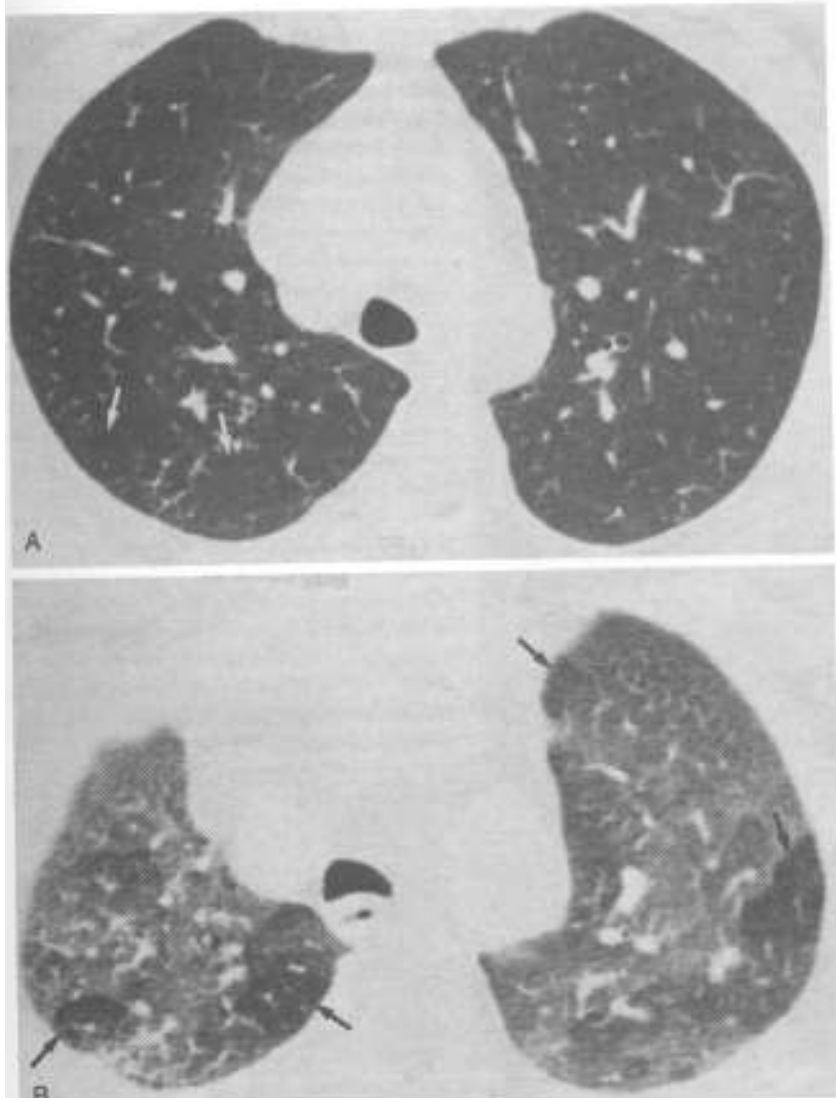
Hava hapsi alanlarının yaygınlığı hava akımındaki obstrüksiyonu yansıtır. Akciğer parankimindeki bu değişiklikler, özellikle ekspiryumda alınan tomografi kesitlerinde belirgindir. Sırtüstü pozisyonda ekspiryumda alınan tomografi kesitlerinde akciğerin dependan bölgelerinde saptanan hava hapsi alanları sağlıklı kişilerde de görülebilmektedir (81).



Resim1

Astım-bronş duvarı kalınlaşması. Kronik astımı olan bir hastanın YRBT kesitinde **(A)** birçok bronşun duvarlarındaki kalınlaşma (oklar) ve lümen çapında bir azalma görülmektedir. **[(B)**'deki sağlıklı kişinin görüntüsü ile kıyaslayın] (Fraser RS, Müller NL, Colman NC, Pare PD: *Fraser and Pare's Diagnosis of the Diseases of the Chest, 4th ed Philadelphia, WB Saunders 1999*'dan alınmıştır.)

Astım-reversibil prekapiler pulmoner hipertansiyon. PA radyografında sağ ventrülün genişletilmiş görünümüne göre pulmoner hipertansiyon düşünülmektedir. Akciğer PA'ya göre kalınlaşmış görünümüne göre pulmoner hipertansiyon düşünülmektedir. PA'ya göre kalınlaşmış görünümüne göre pulmoner hipertansiyon düşünülmektedir. PA'ya göre kalınlaşmış görünümüne göre pulmoner hipertansiyon düşünülmektedir.

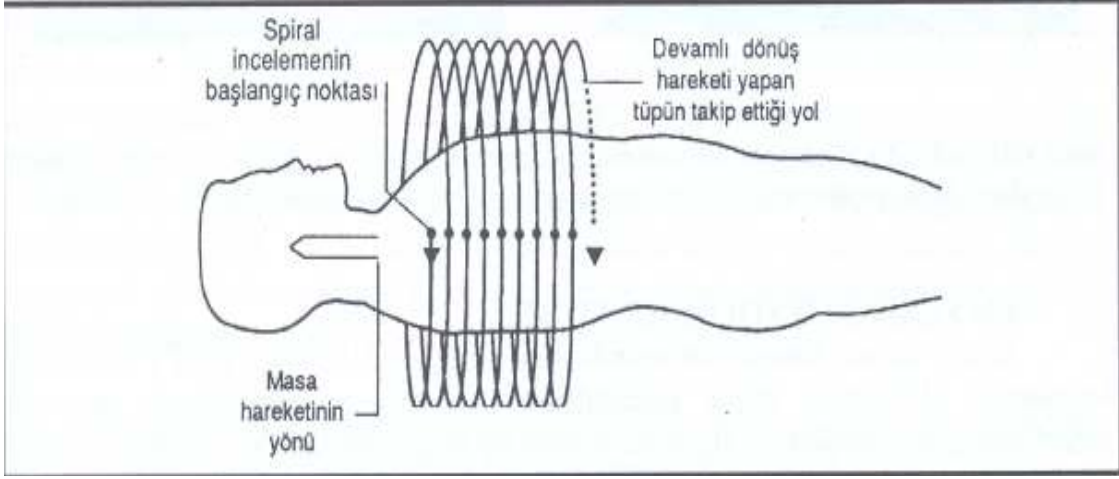


Resim 2

Astım-hava hapsi. Inspiryum sonunda alınan YRBT kesitinde **(A)** belirgin olmayan lokalize, azalmış atenüasyon ve vaskülarite alanları (oklar) görülmektedir. Maksimum ekspirasyonda elde olunan YRBTde **(B)** bilateral birçok hava hapsi alanları görülmektedir. (oklar) Hasta 45 yaşında, yaşamı süresince hiç sigara içmemiş bir kronik astımlıdır (Fraser RS, Müller NL, Coleman NC, Pare PD: *Fraser and Pare's Diagnosis of the Diseases of the Chest*, 4th ed Philadelphia, WB Saunders 1999'dan alınmıştır.)

2.4 HELİKAL (SİRAL) BT FİZİĞİ

Helikal BT klinik olarak ilk defa 1989 yılında Kalender ve arkadaşları tarafından kullanılmıştır (84). Standart BT'nin temel teknik kısıtlamalarının üstesinden gelinmek suretiyle BT'nin kullanım alanı oldukça genişletilmiştir. Helikal BT, ismini X-ışınının hasta etrafında izlediği yolun şeklinden almıştır.



Resim 3. Spiral BT'deki kesit geometrisi şematik olarak gösterilmektedir.

Ardışık kesit alınımı, incelenecek olgunun bulunduğu masa hareketi esnasında tüpün ve karşılığındaki dedektörlerin spiral hareketi ile sağlanmaktadır (86).

Bilgisayarlı tomografi verileri, X-ışını tüp-dedektör sisteminin hasta etrafında rotasyonu ve aynı anda hastanın gantri içine hareketi esnasında sürekli olarak elde edilir (86,88). Bu şekilde olan hacimsel veri eldesi "slip-ring" teknolojisinin tanımlanması ve kullanılması ile mümkün olmuştur. Slip-ring gantrilerde çok sayıda paralel olarak dizilmiş iletken halka vardır. Bu halkalar görüntüleme esnasında, tüp ve dedektörlere yüksek voltaj geçişine ve dedektörlerden gelen verilerin gantri dışına taşınmasına izin veren fırça benzeri elektrik iletken yapıları içerirler (89,91).

Böylelikle elektrik iletimi için kablo gereksinimi ortadan kaldırılmıştır. Konvansiyonel BT cihazlarında X-ışını tüp-dedektör sisteminin başlangıç pozisyonuna dönmesi ve elektrik ileten büyük kabloların birbirine dolanmasını önlemek için kesitler arasında gecikme

zamanına ihtiyaç duyulmaktaydı (84). Slip-ring tarayıcıları sürekli X-ışını oluşması ve sürekli masa hareketi sağlamıştır. Tarama bittikten sonra helikal ham veriler bilgisayar yardımıyla aksiyel, multiplanar veya 3 boyutlu olarak rekonstrükte edilebilir.

Slip-ring teknolojisi dışında spiral BT cihazlarında dedektörlerde de iyileştirmeler yapılmıştır. Bu sayede hastaya verilen radyasyon dozu azaltılmış ve daha az X-ışını ile daha hızlı ve daha yüksek kalitede görüntü elde edilmesi sağlanmıştır(82). Konvansiyonel BT cihazlarında X-ışını tüpü, kesitler arasında durarak soğumaktadır. Bundan dolayı dedektörün X-ışını tüpünü korumadaki rolü daha azdır. Ancak tüpün sürekli döndüğü spiral BT’de geliştirilmiş dedektör etkinliğinin koruyucu rolü tüp için kritik önem taşımaktadır (87).

Konvansiyonel BT’den farklı olarak spiral BT’de sürekli ekspozur nedeniyle anoddaki tungsten target daha çabuk ısınır. Tüp soğuma algoritmi tüp, anot ve tungsten targetin ısınma durumunu hesaplayabilen bir bilgisayar modelinden oluşmaktadır. Tüp soğuma sistemi belirli bir uzunluktaki helikal ekspozur için maksimum miliamper-saniyeyi ve helikal ekspozurlar arasında tüp soğuması için gerekli zaman aralığını düzenler (89). Kesit elde edilirken her bir rotasyonda yaklaşık 1000 dedektörün ortalama 1000 kez örnekleme yapması gerekmektedir. Bir dedektörün oluşturduğu her sinyal bilgisayar belleğinde 16 bit gerektirir. Veriler 2 megabayt/saniye (MB/sn) hızında birikmekte olup otuz saniyelik bir tarama için 60 MB’lik bilgisayar hafızasının yazılması gerekmektedir. Bilgisayar sistemleri ve hafızalarındaki gelişmeler spiral BT oluşmasında en önemli faktörlerdendir . Spiral BT’de tarama öncesi gantri açısı, kolimasyon (kesit kalınlığı), görüntü alanı (FOV- field of view), kVp, matriks, rekonstruksiyon aralığı gibi parametrelere karar verilir. Bunlardan farklı olarak tarama zamanı yerine 360° tüp rotasyonu için geçecek zaman, masa inkrementi yerine masa hızı ve “pitch” seçilir (92).

“Pitch” tüpün 360° dönüşünü tamamladığı süre içerisinde masanın ilerleme mesafesinin kolimasyona bölünmesiyle elde edilen değerdir. Genellikle tüpün 360° dönmesi için geçen zaman 1 saniye olduğundan “pitch” , “masa hızı/kolimasyon” şeklinde formülize edilebilir. Pitch arttırılarak kesit duyarlılık profilinin genişlemesi ve dolayısıyla rezolüsyon kaybına rağmen, tarama alanı arttırılabilir. Kesit duyarlılık profili (**KDP**), masanın hareket ettiği Z-ekseni yönünde voksellerin boyut özelliklerini belirleyen eğridir. Eni kesit kalınlığına eşit bir dikdörtgen şeklinde olması ideal olanıdır. Pitch arttıkça profilin tabanı genişler ve rezolüsyon buna bağlı azalır (88).

Tek bir helikal taramada taranacak alanı belirleyen faktör kolimasyon, pitch ve tarama süresidir. En geniş tarama alanı kalın kolimasyon, büyük pitch ve uzun tarama süresi ile sağlanır. Ancak alan genişleyince saniye başına düşen foton sayısında azalma, geniş kolimasyon ve geniş KDP nedeniyle lezyonun saptanma olasılığı azalır. Bu nedenle inceleme parametreleri belirlenirken yeterince anatomik alanı kapsayacak, ancak buna karşın yeterli görüntü kalitesini sağlayan lezyonu saptayabilecek parametreler seçilmelidir(96).

Spiral BT cihazlarında her tarama için klinik amaca uygun farklı parametreler seçilebilir (83,94). Spiral BT’de hacimsel elde edilmiş bilgiden aksiyel görüntü elde etmek için interpolasyon algoritmalarına ihtiyaç vardır. En basiti komşu spiral taramalar arasında yapılacak lineer interpolasyondur. **İnterpolasyon** algoritmaları tamamen matematiksel modellerdir (88,95). 360° interpolasyon kullanıldığı durumda longitudinal rezolüsyon azalır,KDP’nin genişlemesine bağlı olarak parsiyel volüm artefaktları ortaya çıkar (93,95).

180° interpolasyon tekniği kullanıldığında ise parsiyel volüm artefaktları en aza indirgenebilir. 360° ve 180° interpolasyonlar arasındaki fark, özellikle longitudinal rezolüsyonun önemli olduğu multiplanar rekonstrüksiyonlarda belirgin olarak ortaya çıkmaktadır. Son yıllarda üretilen BT cihazlarının çoğunluğunda 180° interpolasyon algoritmaları kullanılmış ve pitch 1’den büyük seçilerek longitudinal çözümlemede bozulma olmadan daha yüksek hacim taramalarına olanak sağlanmıştır (89,97).

Ancak ideal dikdörtgen şeklindeki kesit profiline en yakın olan KDP, 180° lineer interpolasyon ve pitch değeri 1 olduğu durumlarda elde edilmektedir (89). Spiral BT’nin klinik kullanımından birkaç yıl sonra geliştirilen çok kesitli helikal BT’nin (**ÇKBT**) tek kesitli helikal BT’ye (**TKBT**) göre bazı üstünlükleri vardır. ÇKBT ismini BT cihazının bir seferde birden fazla kesit elde edebilme yeteneğinden alır. Bunu yapabilmesi için dedektör sisteminin birden fazla sayıda dedektör sırasından oluşması gerekmektedir.

ÇKBT’nin konvansiyonel spiral BT’den farkı z-ekseninde birden fazla sayıda dedektör sırasının bulunmasıdır. 360° dönüşün 1 saniyeden az sürede tamamlanmasını sağlayan tarayıcılar sayesinde daha fazla hacim, daha kısa sürede, daha yüksek uzaysal çözünürlükte ve daha az kontrast madde kullanılarak taranabilir. İlk modern çok kesitli tarayıcı olan “Elsint CT Twin” ilk kez 1992’de üretilmiş iki kesitli bir BT cihazı idi. Böylelikle ÇKBT devri başlamış oldu. 1998’de 4-kesitli, 2001’de 16-kesitli ilk cihaz üretildi. Bu sahada hızlı gelişme 32- ve 40-kesitli cihazlarla ve 2003’de RSNA toplantısında 64-kesitli

cihazın tanıtımı ile devam etti. Kesit sayısının artmasının yanında, önceden 1 saniye olan rotasyon hızı, rotasyon başına 0.375 saniyeye kadar düşürülmüş oldu.

ÇKBT'nin avantajları kısaca şu şekilde açıklanabilir:

- 1. Rezolüsyon:** z-aksı boyunca geliştirilmiş uzaysal rezolüsyon
- 2. Hız:** Belirli bir vücut bölgesinin taranması için gereken zamanın azalması
- 3. Hacim:** Seçilen tarama parametreleri için taranan uzunluğun artması
- 4. Güç:** X-ışını tüpünün gücünün iyileştirilmiş kullanımı sonucu tüp ömründe uzama olması

İki kesitli tarayıcılar sadece rezolüsyon ve hızda ya da hacim ve tüpün gücünde iyileşmeye izin verirken, 16 ve daha fazla kesitli BT'lerde yukarıda belirtilen 4 faktörü hepsinde de gelişme mümkün olmuştur. Böylelikle kardiyak BT, BT anjiyografi, BT perfüzyon, politravma BT ve ortopedik uygulamalar gibi yeni uygulama sahaları açılmıştır. Tüm ÇKBT cihazları 3. jenerasyon (rotasyon-rotasyon prensibi) tarayıcılar ve "solid-state" dedektörlerden oluşmuştur. Dedektör sıralarının sayısı, dedektör elemanlarının boyutları ve dizilimin toplam genişliği değiştirilerek farklı tiplerde tarayıcılar elde edilebilir. Hibrid dizilimle, en küçük dedektör elemanının boyutu ve dizilimin toplam genişliğinde değişiklik yaparak, milimetreden küçük veri eldesi mümkündür. Özellikle 16-kesitli cihazlarda tüm üreticiler hibrid dizilimli dedektörler kullanmışlardır. Kesit kalınlığı seçimi, birbirine komşu kombine edilecek dedektör kanallarının aktivasyonu, hasta öncesi ve sonrası uygun kolimasyon uygulaması ile elde edilir. İnce kesitli verilerden rekonstrüksiyon sırasında veya "post-processing" ile daha kalın kesitler elde edilebilir. Ancak, bir kez kesin kolimasyon belirlenirse, sonradan daha ince kesitlerin rekonstrüksiyonu mümkün olmamaktadır.

Tek kesitli spiral tarayıcılarda kesit kalınlığı pitch değerine ve seçilen interpolasyon algoritmasına (iki noktalı) bağlı iken, ÇKBT üreticileri çok noktalı interpolasyon (Z-filtreleme) kullanmışlardır. Bu tür interpolasyonda önceden seçilen filtre kalınlığı içine düşen tüm veri noktaları hesaplanır. Bu uygulama ile kesit duyarlılık profili (efektif kesit kalınlığı) pitch'den bağımsız olarak, sabit tutulmuş olur. İnterpolasyon için kullanılan veri noktalarının sayısı değiştikçe, gürültü de pitchle birlikte değişmektedir. Bunu önlemek için elektrik tüp akımı, pitch faktör ayarları ile orantılı olacak şekilde otomatik olarak artmaya veya azalmaya

adapte edilmiştir (efektif mAs veya mAs/kesit). Sonuç olarak, önceden seçilmiş sabit mAs/kesit değeri için kesit kalınlığı, gürültü ve ortalama hasta dozu, pitch'den bağımsız olmuştur. Pitch tarama hızını yalnız başına kontrol edemez.(90)

Spiral BT'de Gürültü (Noise)

Bir homojen inceleme alanı ROI'de (region of interest) tüm piksellerin BT numarası aynı değildir. Kesitlerde BT numaralarındaki bu farklılık gürültü olarak görülür. Bu farklılık ve dağılım miktarı hesaplanabilir ve standart deviasyon (SD) şeklinde istatistiksel parametre olarak tanımlanır. Tüm BT cihazları bir ROI içindeki SD'leri hesaplayacak programla donatılmışlardır. Gürültü değeri seçilen interpolasyon algoritmasına göre değişiklik gösterir. 360° lineer interpolasyon kullanıldığı durumda gürültü, aynı doz ve kalınlıkta kullanılan tek kesit konvansiyonel BT'ye göre % 17-18 oranında azalmaktadır (88,95,96). 180° interpolasyon algoritması seçildiğinde ise gürültü % 12-13 oranında artmaktadır. Gürültüdeki bu küçük artıştan görüntü kalitesi pek etkilenmemektedir.

Spiral BT' nin Üstünlükleri

Bunlar şu şekilde özetlenebilir:

- 1.Kısa zamanda daha fazla veri elde edilmesi
2. Solunuma bağlı hareket artefaktlarının ve farklı derinlikteki inspirasyonlara bağlı kesitler arası boşlukların elimine edilebildiği tek nefes tutma süresinde veri elde edilebilmesi
- 3.Daha az kontrast madde gereksinimi
4. Tarama zamanını ve radyasyon ekspozurunu en aza indiren “postprocessing” rekonstrüksiyon yapılabilmesi
5. İki ve üç boyutlu rekonstrüksiyonlar yapılabilmesi
6. Üst üste binmiş (overlapping) görüntülerin, kraniyokaudal z-ekseni boyunca istenilen intervallerde ve seçilmiş pozisyonlarda rekonstrükte edilebilmesi

Ancak “postprocessing” esnasında daha ince kolimasyonda görüntüler elde edilmesi mümkün değildir. Bundan dolayı tetkik başlamadan önce uygun kesit kalınlığı seçilmelidir (85).

Spiral BT’de Radyasyon Dozu:

Hastanın aldığı radyasyon dozu konvansiyonel BT’de olduğu gibi tüp potansiyeli ve akımına bağlıdır. Aynı mAs değerinde ve pitch’in 1 olduğu durumlarda konvansiyonel BT ve spiral BT arasındaki radyasyon dozu birbirine eşittir. Ancak pitch değeri 1’in üzerine çıktığı zaman spiral BT’de radyasyon dozu azalır. (88,89,97).

Almanya’da 1999’da TKBT ve 2002 yılında ÇKBT uygulamaları sonucu maruz kalınan radyasyon dozu ile ilgili bir araştırma yapılmıştır. (90). 1999’da TKBT için elde edilen verilerle çalışmaya katılan tüm ÇKBT cihazları ve ayrı ayrı 2 ve 4 kesitli BT cihazları ile elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. ‘BT doz indeksi’ (CTDI) ve ‘doz uzunluk çarpımı’ (DLP) gibi doz değerleri kaydedilmiştir. Buna göre 2-kesitli BT’ler için CTDI değerleri TKBT’lerin % 65’i kadar bulunmuş ancak 4-kesitli BT’lerde ise daha yüksek bulunmuştur.

Bunun nedenleri 3 faktörle açıklanmıştır:

1. Azaltılmış kolimasyon (kesit aralığı) veya kesit kalınlığı: İnce kolimasyonda gürültü artmaktadır. Her ne kadar rekonstrüksiyonla veya “post-processing” ile kesit kalınlığı arttırılmaya çalışılsa da yine de TKBT’ye göre ince kalmaktadır. Buna bağlı oluşan gürültüyü azaltmak için kullanıcılar artmış doz ayarları uygulamaktadırlar. Kesit alınmayan bölgelerin radyasyon almasını kısıtlar. Dedektör öncesi kolimasyon ise saçılan ışın miktarını azaltarak rezolüsyonu artırır. Dolaylı yoldan hastanın aldığı radyasyon miktarı azalır. (150,151).

2. “Overbeaming”: Dedektör diziliminin dış kesimindeki penumbra etkisini engellemek için kullanılan kolimatör ayarları sonucu olur. Kolimasyon azaldıkça doz oranı % 40-100 arasında artmaktadır. Milimetreden daha küçük kesitlerde de %100’ü geçmektedir. Daha ince kolimasyonla tarama tercihinde doz artımı engel teşkil etmektedir. Daha fazla kesit alındığında daha geniş bir alan radyasyona maruz kalacaktır. Birbirine yakın, çok sayıda kesit alındığında penumbra etkisinden dolayı alınan radyasyon miktarı artacaktır. (150).

3. Efektif tüp akımı: Pitch’i değiştirirken kesit profil genişliği ve gürültü sabit tutulmaya çalışılmaktadır. ÇKBT’de hasta dozunu optimal düzeyde tutmak için tarama orta veya geniş kolimasyonla yapılmalıdır. Eğer ince kolimasyon kullanılacaksa gürültüyü azaltmak amaçlı yapılacak doz artımlarından kaçınılmalıdır. Ayrıca otomatik doz kontrolü gibi teknik etkenler konusunda ÇKBT kullanıcılarının eğitilmesi ve tarama parametrelerinde standardizasyonun sağlanması dozu azaltmada etkili olabilir.

2.5 SPİRAL BT’de DÜŞÜK DOZ RADYASYON KULLANIMI

Son yıllarda Amerika Birlesik Devletleri ve Avrupa’da yapılan çalışmalarda BT’nin tüm radyolojik incelemelerin %3-5’ni oluşturduğu, ancak hastaların maruz kaldığı radyasyon dozunun % 35-45’inden sorumlu olduğu saptanmıştır (98).

Yine benzer bir çalışmada BT’ nin, X-ışını ile yapılan incelemelerin %11’ni oluşturmasına karşın tıbbi incelemeler sırasında alınan radyasyon dozunun 2/3’ünden sorumlu olduğu bildirilmiştir (91). “The United Nations Scientific Committee on the effects of Atomic Radiation” (UNSCEAR) iyonizan radyasyonun etkileri üzerine yayınladığı raporunda, 1945-1995 yılları arasında dünya nüfusuna olan toplam efektif radyasyon dozununun yaklaşık % 25’nin doğadan çok diğer kaynaklardan geldiğini belirtmiştir (91,99). Tanısal ve tedavi edici iyonizan radyasyon ve radyonüklidler insan yapımı radyasyon kaynağının % 80’den fazlasından sorumludur. Tanısal X-ışını kaynaklı incelemelerin artan kullanımı popülasyonda maruz kalınan radyasyon dozlarının artışından kısmen sorumlu olmaktadır. 1996 yılında yayınlanan bir raporda 1981-1995 yılları arasında yıllık BT inceleme sayısında yaklaşık 7 kat artış olduğu belirtilmiştir (91,100).

BT’nin yaygın kullanımı sonucunda bu tetkikten alınan radyasyon dozu da giderek artmaktadır. Helikal BT’de, ince kesitlerle hızlı multifaz görüntüleme gibi giderek artan teknolojik gelişmeler hastaların aldığı radyasyon dozunda potansiyel artışa neden olmaktadır (101). Ek olarak diğer X-ışını bazlı incelemelere göre, BT’deki teknik parametreler hastanın boyutuna, incelenen vücut parçasına ve çalışmadan istenilen bilgi türüne uygun olarak sıklıkla düzeltilmemektedir (102). Günümüzde, BT’den alınan radyasyon dozunu azaltmak için çeşitli stratejiler geliştirilmiştir. Bunlar arasında BT kullanımını kısıtlamak için endikasyonların dikkatli bir şekilde belirlenmesi, multifazlı protokollerden kaçınılması, BT ile yapılacak takip veya tekrarlarla ilgili makul seçimler yapılması ve teknik tarama parametrelerinin uygun şekilde düzeltilmesi sayılabilir (103).

Tüp akımı, tüp voltajı, kesit kalınlığı, tarama zamanı, pitch ve taranan hacim, BT’den gelen radyasyon dozunu etkileyen teknik faktörlerdir. Modern helikal BT cihazlarında tarama zamanı kısalmış bile olsa, radyasyon gören doku hacminde ve tüp akımındaki artış nedeniyle radyasyon dozu da artmıştır. Diğer yandan bir BT cihazının çalıştığı süre boyunca X-ışını tüpünün yenilenmesi gerekmektedir. X-ışını tüplerinin dayanma süresi tek kesitli cihazlarda 150.000 – 200.000 kesit, çok kesitli cihazlarda ise ortalama 800.000 kesit kadardır (104).

Bu da BT çekimlerinin maliyetini arttıran bir durumdur.

Doz azaltılması gerek hastaların aldığı doz yükünün azaltılması, gerekse BT cihazlarında X-ışını tüpünün ömrünü uzatmasından dolayı günümüzde giderek önemini arttıran ve klinikte kullanımı giderek yaygınlaşan bir konudur.

Doz azaltılması en çok düşük mAs değerlerinin bazen pitch artırılması ile birleştirilmesi sonucu elde edilmektedir. Tüp yüklenmesinde azalma, tüp ısınmasında azalmayı da beraberinde getirmektedir. Henkelman adlı araştırmacı 1981 yılında, tüp haubesinde ısı birikiminin BT tüpünün ömrünün kısalmasında en önemli payı oynadığı, gantrinin klima ile soğutulmasının dolaylı olarak tüpünde soğumasını sağladığı ve bunun da tüp ömrünü 4 kat arttırdığını bildirmiştir (105).

Yine tüp akımı azaltılarak yapılan radyasyon dozu azaltılması tüp ömrünü de uzatmaktadır. Kanser taraması için yapılan çeşitli çalışmalarda, standart tüp akımının %10-30'u kullanılarak uygulanan düşük tüp akımlı toraks BT çekimlerinde nodül saptamada standart doza göre farklılık saptanmamıştır (106-108). Cohnen ve arkadaşları radyasyon dozunu % 40 azalttığına tanısız görüntü kalitesinde kayıp olmadığını vurgulamışlardır (109). Sohaib ve arkadaşları % 75 doz azaltılması ile sinonazal bölgede kabul edilebilir kalitede BT kesitleri elde etmişlerdir (110). Ayrıca pek çok çalışmada pitch değerini arttırmanın tarama zamanını azaltarak hasta dozunu azaltacağı belirtilmiştir (111,112).

Pitch değerinin iki kat arttırılması ile radyasyon dozu yarı yarıya azalmaktadır (113). Bu yöntem özellikle tarama ve takip BT incelemeleri yapılacak hastalarda değerlidir. Ancak pitch değerinin arttırılması kesit genişliğinin artması sonucunda lezyonların kaçırılması ve artefaktlarda artışla sonuçlanabilir (91). Bu durumda pitch değerinin arttırılmasının avantajları hızlı tarama yapılabilmesi ve alınan radyasyon dozunun azalması şeklinde belirlenirken, görüntü detayında azalma olması dezavantajı olarak sayılabilir. Haaga ve arkadaşları, görüntüdeki gürültü ile hastanın bel çevresinin karesi arasında lineer bir ilişki olduğunu bildirmişler ve istenen tüp akımına karar verirken hastanın çapının yardımcı olarak kullanılmasını önermişlerdir (114,115). Karla ve arkadaşları (91) tüp akımını % 50 oranında azaltmışlar ve hastanın antropometrik parametrelerine dayanarak yapılan bu tür bir azaltmanın görüntü kalitesinde bozulmaya neden olmayacağını bildirmişlerdir. Buna göre zayıf hastalarda görüntü kalitesi kabul edilebilir düzeylerde iken, obez hastalarda kabul edilebilir düzeylerin altında olmaktadır. Sonuç olarak çalışmalarında ağırlığı 81 kg'un altında ve karın

çevresi 105 cm'in altındaki hastalarda dozdaki %50 azalmanın görüntü kalitesinde anlamlı bozulmaya neden olmayacağını belirtmişlerdir.

1981 yılında Amerikan FDA komitesi BT doz indeksini (CTDI: Computed Tomography Dose Index) tanımlamıştır. Buna göre **BT doz indeksi**, tek kesit için BT'den soğurulan radyasyonu karakterize eden fizik doz miktarıdır. CTDI, rotasyon eksenine paralel bir çizgi boyunca tek bir kesit için doz profilinin integralinin nominal kesit kalınlığına bölümü olarak aşağıdaki gibi formülize edilmiştir.

$$CTDI_{FDA} = \frac{1}{T} \int_{-7T}^{7T} D(z) dz$$

T = Nominal kesit kalınlığı

D(z) = z-eksenine paralel çizgi boyunca olan doz dağılımını ifade eder.

Bu doz miktarı, altında ve üstünde yer alan yedi kesit kalınlığındaki bölgeyi içerecek şekilde kesitin komşuluğuna yayılan radyasyonu da içerir. Farklı kesit kalınlıkları için aralık -7T, +7T arasında tutulmuştur. Ancak bu durum ölçümleri zorlaştırmaktadır. Bu yüzden FDA'nın önerdiği CTDI tanımlamasından daha pratik olan, herhangi bir T kesit kalınlığı için 100 mm'lik sabit aralık kullanılarak yeni bir CTDI tanımlaması yapılmıştır (98).

$$CTDI_{100} = \frac{1}{T} \int_{-50}^{50} D(z) dz$$

Radyasyon dozunun yüzeyden merkeze doğru ışınsal olarak azaldığı varsayımı ile radyasyona maruz kalan kesitteki ortalama CTDI değeri, "ağırlıklı CTDI" (CTDI_w) olarak belirtilmiştir.

$$CTDI_w = 1/3 CTDI_C + 2/3 CTDI_P \quad (C = \text{merkez}, P = \text{perifer})$$

Modern BT teknolojileri, "volüm CTDI" (CTDI_{vol}) şeklinde yeni bir CTDI tanımlaması daha getirmiştir. CTDI_{vol} sıklıkla konsol üzerinde belirtilir (98). Bu değer seçilen tarama parametrelerine bağlı olarak hastanın aldığı dozu radyologa geri bildirim olarak göstermektedir. CTDI_{vol} aşağıdaki şekilde formülize edilmektedir:

$$\text{CTDI vol} = \text{CTDI w/ Pitch}$$

CTDI vol incelenen total hacim için ortalama dozu belirtir. CTDI vol değeri dozun verildiği total uzunlukla çarpılınca “Dose Length Product” (DLP) elde edilmektedir. Bütün bir tarama veya bir BT incelemesinde maruz kalınan radyasyon dozu “DLP = Dose Length Product” olarak tanımlanmaktadır (98,116,118).

DLP aşağıdaki gibi formülize edilir.

$$\text{DLP} = \text{CTDI vol} \times \text{L} \text{ (mGy.cm)}$$

(L= Tarama Uzunluğu)

CTDI değeri ince kesitlerde artmaktadır. Bu artışa tüp fokusu ve kolimasyon neden olmaktadır. Küçük fokuslarda CTDI değeri artmaktadır. Imhof ve arkadaşları (98) farklı vücut bölgeleri için standart bir incelemede özel bir software (CT Expo v 1.0) kullanarak hesaplanan değerlerle, kendi spiral BT cihazlarının verdiği CTDI değerlerini karşılaştırmışlar ve daha sonra adım adım dozu azaltarak görüntü kalitesini kaydetmişlerdir. Bu çalışmada CTDI değerleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamış olup, araştırmacılar CTDI değerlerinin herkes tarafından kabul edilebilir tek bir değerle açıklanması gerektiğini vurgulamışlardır. Bu sayede CTDI hesaplamalarında karışıklıkların önüne geçilebilecektir.

Ayrıca radyologların her endikasyonu dikkatlice incelemeleri, mümkünse alternatif tanı yöntemleri önermeleri, mümkün olduğunca pitch değerini yüksek, mA ve kV değerlerini düşük tutarak hastanın radyasyon dozunu azaltma yoluna gitmeleri gerektiğini vurgulamışlardır.

ALARA prensibine uygun olarak görüntülerde uygun klinik tanıya götürecek maksimum gürültü oranı içeren en az radyasyon dozu kullanılması hastalara gereksiz radyasyon verilmesini önlemek açısından oldukça önemlidir. Genel olarak tanısal radyolojide kullanılan iyonizan radyasyonun optimizasyonunda üç anahtar faktör rol almaktadır. (118)

Bunlar :

- 1.Elde edilen kesitlerin tanısal kalite
2. Hastaların aldığı radyasyon dozu
- 3.İnceleme tekniğinin seçimi

1989'da İngiltere'de yapılan ve pek çok kurumun katıldığı bir anket sonucu, her organ ve vücut parçası için özel klinik durumlar haricinde aşılmaması gereken maksimum CTDI_w ve DLP değerleri belirlenmiştir. Bu veriler "The European Guidelines on Quality Criteria for CT" başlığı altında bir rapor şeklinde yayımlanmıştır. Buna göre aşılmaması gereken değerler, genel abdomen için CTDI_w 35 mGy, DLP 780 mGy.cm, böbrekler için CTDI_w 35 mGy, DLP 800 mGy.cm olarak bildirilmiştir. BT için ulusal radyasyon dozu referanslarının henüz belirlenmediği ülkelerde bu kriterler göz önünde tutularak uygulama yapılabileceği belirtilmektedir (98).

CTDI ve DLP, BT radyasyon dozunu tanımlamak için kullanılan değerlerdir. Bu iki parametre dışında hastanın maruz kaldığı radyasyon dozunun hesaplanmasında kullanılan diğer bir parametre de efektif dozdur. Efektif doz birimi miliseivert'tir (mSv). Standart bir erkek veya kadın hastada efektif doz, farklı vücut organları için matematik modellerle elde edilen doz çevirme faktörleri kullanılarak hesaplanabilir. Efektif dozu hesaplayan çok çeşitli bilgisayar programları vardır (119).

BT'den kaynaklanan efektif radyasyon dozları diğer tanısal radyolojik incelemelerle karşılaştırıldığında daha yüksek bulunmaktadır. Abdominal BT uygulamalarındaki radyasyon dozları yaklaşık 10 mSv düzeyinde iken, standart bir İVP tetkiki için efektif doz 2.5-5 mSv, abdominal direkt grafi için efektif doz 0.5-1.5 mSv olarak bildirilmektedir (148). Effektif doz eşleniği ise, DLP değerinin her organın radyasyon sensitivitesine göre belirlenen katsayılar ile çarpılarak elde edilir (tablo 6) . Effektif doz eşleniği, CTDI, kesit sayısı ve kalınlığı ile doğru orantılı olarak değişmektedir

$$\text{Efektif doz eşleniği} = \text{CTDI} \times N \times T \times \text{effektif doz eşleniği katsayısı} \quad (117)$$

$$(N = \text{kesit sayısı}, T = \text{kesit kalınlığı})$$

Tablo 4: Efektif doz eşleniği katsayıları (120)

Vücut bölümü	Efektif doz eşleniği (mSv.mGy ⁻¹ .cm ⁻¹)
Baş	0.0021
Boyun	0.0048
Göğüs	0.014
Karın	0.012
Pelvis	0.016

Daha önceki çalışmalarda her hastada standart teknik kullanıldığından standart doz ve düşük doz çekimlerde ayrı ayrı olmak üzere CTDI değerleri her hastada sabitti. DLP değerleri ise her hastanın taranan vücut kısmının uzunluğuna göre değiştiği için hastadan hastaya farklılık göstermektedir. Bu yüzden yapılan karşılaştırmalarda sabit olan CTDI kullanılmıştır.

2.6 AKCİĞER PARANKİMİNİN YÜKSEK REZOLÜSYONLU BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Yüksek rezölasyonlu bilgisayarlı tomografi (YRBT) akciğer hastalıklarının araştırılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Her ne kadar akciğer radyografisi pulmoner süreçlerin saptanmasında ve karakterize edilmesinde standart olma özelliğini korumaktaysa da, YRBT radyogramların ana sınırlayıcı faktörlerinden en önemlisinin üstesinden gelir. Bu sınırlayıcı faktör radyogramların izdüşümsel yapısından kaynaklanan örtüşmedir. YRBT toraksın örtüşsüz ve detaylı kesitsel görüntülerini sunar. 1990'lı yıllarda gerçekleştirilen araştırma çalışmaları YRBT'nin yorumlanmasının ve klinik kullanımının temellerini oluşturmuştur.(74)

Teknik noktalar:

YRBT küçük piksellerle rekonstrükte edilmiş 1-2 mm. kalınlıktaki BT kesitlerinin bir araya getirilmesinden oluşur. Yüksek uzaysal çözünürlük 512x512 görüntü matrisi için 15-30 cm. arasında değişen görüntü alanının kullanılması ile elde edilir. Böylelikle 300-600 mikron arasında değişen piksel boyutlarına ulaşılır. Görüntü alanı en yüksek detaya ulaşmak için her akciğeri ayrı olarak rekonstrükte edecek şekilde ayarlanmalıdır (120). Klinik uygulamalarda her iki akciğer alanının tek bir görüntüde rekonstrüksiyonu yeterli olmaktadır. Ayrıca akciğer parankimine özgü küçük boyutlu yapılar nedeniyle yüksek kontrastlı yapıları göstermek üzere tasarlanmış uygun yüksek çözünürlüklü rekonstrüksiyon algoritmaları kullanılmaktadır (121). Bu algoritmalar günümüzde tüm BT cihazlarında standart olarak sunulmakta, böylelikle YRBT incelemeleri her merkezde rutin olarak gerçekleştirilebilmektedir.

İnce kolime edilmiş kesitlerde görüntünün sinyal gürültü oranı dedektörlere erişen fotonların azalması nedeniyle bozulur. YRBT'de optimum görüntü kalitesinin elde edilebilmesi için radyasyon ekspozür seviyesinin konvansiyonel BT çalışmalarında kullanılan

ekspojür değerlerinin üstüne çıkartılması şarttır. Bununla birlikte kabul edilebilir görüntüler akciğerlerin düşük X-ışını absorpsiyonu nedeniyle diğer vücut kısımlarına göre daha düşük ekspojür seviyelerinde elde edilebilir (122). Yine de pratikte tüm akciğerin ince kesitlerde taranması uygun olmaz. Genel olarak kullanılan yöntem önce tüm akciğeri 8-10 mm kalınlıktaki konvansiyonel kesitlerde taramak, daha sonra şüpheli alanları daha az sayıda ince kesitlerle incelemektir. Alternatif bir yöntem, başlangıçta diffüz bir süreçten şüphelenilmesi durumunda, her 10-20 mm de bir ince kesitlerin elde edilmesidir.

Uygun pencereleme ayarları diffüz patolojilerinin doğrulukla gösterilmesinde klinik öneme sahiptir. Pencere seviyesi incelenen yapının ve çevresindeki dokunun BT değerinin ortasında olacak şekilde ayarlanmalıdır. Örneğin: ortalama - 800 HU değere sahip havalanan akciğer dokusu içinde 50 HU olarak ölçülen bir damar en iyi - 375 HU pencere seviyesinde ortaya konur. Daha düşük pencere seviyesinin kullanılması yapıları olduğundan büyük gösterir. Bu belirgin büyütme etkisi özellikle küçük yapıların değerlendirilmesinde yanlış sonuçlara yol açar. Pencere genişliği görüntüdeki tüm dokuları içine alacak şekilde. Genellikle 1400-2000 HU pencere genişliği akciğer parankimi için uygun olur. Parsiyel volüm etkileri nedeniyle küçük yapıların dansitesi kesit kalınlığı ve yapıların boyu ile değişmekte olup, pencere seğilmesinde bu faktör de göz önüne alınmalıdır.

Yüksek rezolüsyonlu BT tekniğinde, incelenecek anatomik yapıların kenar keskinliğini arttırmaya yönelik yüksek rezolüsyonlu rekonstrüksiyon (kemik algoritmi) kullanılmaktadır . Kemik algoritminin kullanılması kontur keskinliğini arttırmakla beraber gürültü oranını da artmasına yol açar. Bu durumu çözümlmek için ise ekspojür faktörlerinden kV ve mA değerleri arttırılır. Yüksek rezolüsyonlu BT tekniğinde genelde tercih edilen kV ve mA değerleri 120/170 ya da 140/170 şeklindedir .(75)

Hasta etkenleri:

Akciğer parankiminin YRBT incelemesi, rutin kullanımda vasküler yapıların ayrışmasını sağlamak ve yer çekimine bağlı sıvı birikimi ile atelektaziden kaçınmak için tam inspirasyonda gerçekleştirilir. Bu tür dansiteler supin pozisyonda sıklıkla alt yada üst lobların posterior kesimlerinde izlenir. Tam inspirasyonda tekrar tarama bu dansitelerin çoğunun temizlendiğini gösterecektir. Alternatif olarak aynı alanın pron pozisyonda taranması aynı ihtiyaca cevap verir.

YRBT'deki diğerk bir faktör akciğere basan osteofitler ve kitleler gibi yapıların komşuluğunda izlenen yüksek akciğer dansiteleridir. Bu tür dansiteler genellikle doğrudan basınç etkisine bağlı olup, gerçek patolojilere karşılık gelmez. YRBT ile incelenen diffüz akciğer hastalıklarının değerlendirilmesinde kontrast kullanımına ender olarak gerek duyulur.

Temel YRBT bulguları:

Akciğer hastalıklarının temel YRBT bulgularının anlaşılması bu tekniğin potansiyel klinik uygulamalarının gerçekleştirilmesi için gereklidir. Şişirilmiş akciğer örnekleri ile yapılan korelasyonlar akciğerin temel lobar anatomisinin YRBT ile tanımlanabileceğini göstermektedir (123). İn vitro koşullarda YRBT ile 100-200 mikron boyutundaki yapıların gösterilebilmesi mümkündür. İn vivo koşullarda ise belirtilen yapıların YRBT ile gösterilebilmesi 300 mikrondan daha büyük olmalarına bağlıdır.

Akciğerin YRBT'deki normal görünümü:

İN vivo koşullarda 300 mikronluk çözünürlük limiti içerisinde sadece belirli normal yapılar görüntülenebilir. Anatomik açıdan bronşlar 23 ve pulmoner arterler 28 kez dallanır. Bronş duvar kalınlığı 300 mikrondan daha kalın olduğunda görüntülenebileceği için YRBT görüntüleri 1,5 mm lik bronş çapına karşılık gelen 8. bronş dallanması ile sınırlıdır. Sonuç olarak normal bronşlar hilus ve visseral pleural yüzey arasında orta hatta yerleşmiş bulunan izafi bir çizginin ötesinde izlemez.

Diğerk taraftan damarlar lümenlerini ve duvarlarını içeren toplam kesitleri 300 mikrondan daha büyük olduğunda izlenebilir. Bu nedenle pulmoner arterler visseral pleural yüzeyden 5-10 mm uzakta izlenebilir Bu mesafede sentrilobüler arteriollere karşılık gelen 16. dallanma bulunmaktadır. Damarlar sekonder lobül seviyesine kadar izlenebildiği ve arterler sekonder lobüllerin santralinde görüntülediği için YRBT kesitlerinin analiz edilmesinde kullanılan en iyi anatomik çerçeve arteryel ağaçtır. Akciğer periferinde bazen izlenen az sayıda skonder interlobüler septa dışında birçok septal yapı normalde saptanamaz. Bu nedenle normal akciğer parankimi temelde çözünürlük ötesi olup, hiçbir özellik göstermez.

YRBT bulguların fizyopatolojik temeli:Parankimal akciğer hastalarının YRBT bulguları kafa karıştırıcı olabilir. Mantıksal bir temele sahip olunmadığında görüntülerin

yorumlanması zor olabilir. Akciğer patolojik etkenlere yanıtı etyolojiden bağımsız olmak üzere benzer özellikler göstermektedir. Bu nedenle temel YRBT bulguları birçok hastalık sürecinde ortak özellikler taşır. Her ne kadar bu bulgular akciğer cevabının genel doğası gereği nonspesifik olsalar da, bulguların dağılımı ve zamansal gelişimi tanısal amaçlar için karakteristik özellikler taşır. Hasarlanmaya akciğerin verdiği yanıt ile ilişkili olayların ve bu olayların YRBT bulgularına etkisinin anlaşılması bulguların yorumlanmasını kolaylaştıracaktır.

YRBT'nin klinik kullanımı:

YRBT ile geçmiş 20 senedeki deneyim bu tekniğin uygun klinik endikasyonlarının saptanmasını sağlamıştır. YRBT klinik bulgular ve akciğer radyogramı arasında tutarsızlık bulunan her durumda kullanılmalıdır. Tekniğe olan aşinalığın ve tekniğe ulaşılabilirliğin kontrolü görüntü analizi akciğer hasarının sayısallaştırılmasında büyük önem taşıyacaktır. Bütün bu sayılanlara rağmen YRBT'nin yararlılığı gelecekte de diffüz akciğer hastalıklarında tedavi seçeneklerinin varlığı ya da yokluğu ile sınırlanacaktır.

Ekspiratuvar YRBT'nin kullanımı

Yakın geçmişte, ekspirasyon sırasında elde edilen YRBT kesitleri hava yolu patolojisi ile ilişkili hastalığı yada solunum fonksiyon testlerinde obstrüksiyon bulgusu bulunan bireylerde hava hapsinin gösterilmesinde kullanılmıştır. Ekspiratuvar YRBT'nin kullanımı amfizemde (124) astımda, Swyer-James sendromunda (125,126), histiyositozis X ve tüberoskleroz ile ilişkili akciğer hastalıklarında (127) ve büyük yada küçük hava yolu obstrüksiyonu nedeni değişik hastalıklarda (128,129) gösterilmiştir.

Ayrıca Özer C ve ark. 34 Behçet hastasında yaptıkları çalışmada, ekspiratuvar BT kesitlerinde hastaların 24'ünde (%70.6) hava hapsi alanları saptamışlar. Bu çalışmada hastalar asemptomatik iken veya solunum fonksiyon testleri normal değerlerdeyken hava hapsi alanlarını saptayarak küçük hava yolu hastalıklarının varlığını göstereceğini bildirmişlerdir (130)

Normal bireylerde, birçok akciğer alanında, akciğer parankimi ekspirasyonda lüsent özelliğini korur ve volümü çok az değişiklik gösterir. Ekspiratuvar görüntülerde normal ve obstrükte akciğer bölgeleri arasındaki gözlenebilir yoğunluk farklılıkları standart pencere

değerleri kullanılarak izlenebilir. Normal akciğer bölgeleri ve hava hapsi gösteren bölgeler arasındaki yoğunluk farklılıkları sıklıkla 100 HU'dan büyüktür.

Obstruktif akciğer hastalıklarında, hava yolu hastalıklarında veya amfizemde ekspirasyon sonrası nefes tutarken elde edilen görüntüler inspiratuvar YRBT kesitlerinde morfolojik anormallikler izlenemezken hava hapsinin varlığını ortaya koyabilir. Ekspiratuvar YRBT çekilirken hasta önce nefesini kuvvetle vermesi ve çekim yapılırken nefes almaması konusunda eğitilir. Bu manevra kesitler elde edilmeden önce, yeterli ekspirasyon seviyesinin elde edilmesi amacıyla çalışılır.

Eğer hasta uyumu sağlanabilirse ekspiratuvar YRBT' nin çekimi sırasında akciğer volümü ölçmek ya da kontrol etmek gerekli değildir. Bununla birlikte bazı araştırmacılar çalışmalarında spirometre ile kontrol edilen BT kesitlerini kullanmışlardır.(131,132). Belirtilen yöntemin avantajını değişik akciğer volüm değerlerindeki kesitlerin elde edilebilmesidir. Diğer bir yöntem dinamik ultrafast YRBT kullanılarak akciğerin tüm inspirasyon-ekspirasyon siklusunda 100 msn aralıklarla görüntülerinin elde edilmesidir (127,133). Böylelikle hava hapsinden kaynaklanan dinamik anormalliklerin gösterilebilmesi mümkün olur.

3.GEREÇ-YÖNTEM

Bu çalışma X Vision Spiral BT cihazı ile 10.10.2008 - 01.07. 2009 tarihleri arasında Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji Ana Bilim Dalında yapıldı. Harran Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Polikliniği tarafından izlenen, ek Akciğer hastalığı olmayan, sigara içmeyen, 17-60 yaşları arasında (genç ve erişkin) 30 stabil astım hastası çalışmaya alındı. Astımlı olgular, ulusal astım tanı ve tedavi rehberi kriterlerine göre astım tanısı almış ve derecelendirilmiştir. (147).

Çalışmamızda hasta seçimi standart doz YRBT çekimlerinde olduğu gibi düşük doz çekimlerde de cinsiyet ve kilodan bağımsız olarak yapıldı. Daha önceki bilimsel çalışmalarda olduğu gibi(147) alınan toplam radyasyon dozunun azaltılması için kesit sayısı azaltılıp kesit aralığı (kolimasyon) artırıldı. Hastalarda standart doz (180 mAs) ve düşük doz (60 mAs) olmak üzere toplam 2 defa YRBT çekildi.

Hastaların fizik muayenelerini takiben ZAN 600 spirometre cihazı ile oturur pozisyonda solunum fonksiyon testleri (SFT) yapılmıştır. Solunum fonksiyon test sonuçlarındaki FEV1 değerlerine göre hafif intermittan, hafif persistan, orta persistan ve ağır persistan olarak değerlendirilen astımlı olguların hafif intermittan ve persistan olanları grup 1 (n= 18), orta ve ağır persistan olanları grup 2 (n= 12) olarak sınıflandırıldı.

YRBT, X Vision Spiral BT cihazı ile yapıldı; astımlı hasta masaya sırt üstü yatırıldı ve hasta pozisyonu tetkik bitene kadar hiç değiştirilmedi. Astımlı hastaya çekim tekniği hakkında kısaca bilgi verildikten sonra çekim işlemine başlandı. Kesit kalınlığı 2 mm, kesit aralığı 20 mm, tüp potansiyeli 120 kilovolt olarak sabit tutulup tüp akımı değerleri standart doz uygulanmasında 180 mAs (120mA x 1,5 sn), düşük doz uygulanmasında tüp akımı değerleri 60 mAs (60mA x 1 sn) idi. Kesit zamanı standart doz YRBT’de 1.5 sn; düşük doz YRBT’de ise 1 sn olarak seçildi. Çalışma sürecinde WL (pencere düzeyleri) hastanın kitlesine göre - 561HU ile -850 HU arasında değişti, ortalama değeri -746 HU olarak hesaplandı. WW (pencere genişliği) ise hastanın kitlesine göre 800-1805 HU arasında değiştirilip, ortalaması 1472 HU idi. Her bir hasta için hem standart doz hem de düşük doz YRBT’de kullanılan pencere genişliği ve pencere düzeyi aynı değerlerde tutuldu.

Astımlı hastalara 2 farklı dozda(standart ve düşük doz) hem inspirasyon hem de ekspirasyonda çekim yapıldı. İlk çekimde astımlı hastaya hem inspirasyon hemde ekspirasyon sırasında standart dozda (120 kVp ve 180 mAs) X Vision Spiral Bilgisayarlı Tomografi cihazı kullanılarak arkus aorta düzeyinden itibaren inferiora doğru 20 mm aralıklarla ve 2 mm kesit kalınlığında toplam 12 YRBT kesiti alındı.

İkinci işlemde 120 kVp değeri sabit tutularak, mAs değeri 180'dan 60'a değiştirilip düşük dozda aynı düzlemde arkus aorta düzeyinden itibaren inferiora doğru 20 mm aralıklarla ve 2 mm kesit kalınlığında 12 YRBT kesiti daha alındı.

Standart doz YRBT çekiminde derin inspiriumda 20 veya 24 kesit alınması önerilmektedir. Bizim yaptığımız çalışmada, hem inspirium hem de ekspiriumda 12 kesit standart doz ve 12 kesit düşük doz olmak üzere toplam 24 YRBT kesiti alındı. Böylece hastaya daha az radyasyon verildi. Daha sonra aynı hasta üzerinde çekilen standart doz YRBT bulguları ile düşük doz YRBT bulguları karşılaştırılarak, görüntü kalitesi ve akciğer parankimindeki lezyonlar arasında korelasyonun olup olmadığı incelendi.

Düşük doz YRBT çekimi sırasında alınan radyasyon dozu; mAs değeri ile doğru orantılı olarak değişir. standart dozu 120 kVp sabit tutarak (120kVp,180mAs) ,düşük doza (120kVp,60mAs) indirgemekle mAs değeri yaklaşık 2/3 oranında azalmıştır. Böylece hastanın aldığı doz da 2/3 oranında azalabileceği düşünülmektedir. (138,154).

İşleme başlamadan önce katılımcılara veya velilerine yapılacak işlem hakkında önce standart doz sonra düşük doz YRBT çekimi yapılacağı bilgisi verilerek çalışmaya katılma olurlarını imzalamaları gerektiği söylendi. Çalışmaya katılmayı kabul edenlerin yaşı, cins ve astım testleri sonuçları dosyaya işlendi. Bireylerin yaşı ve cinsi bilgisayara girilerek işlem başlatıldı. Oluşturulan araştırma protokolü için Harran Üniversitesi Tıp Fakültesinin etik kurulundan onay alındı.

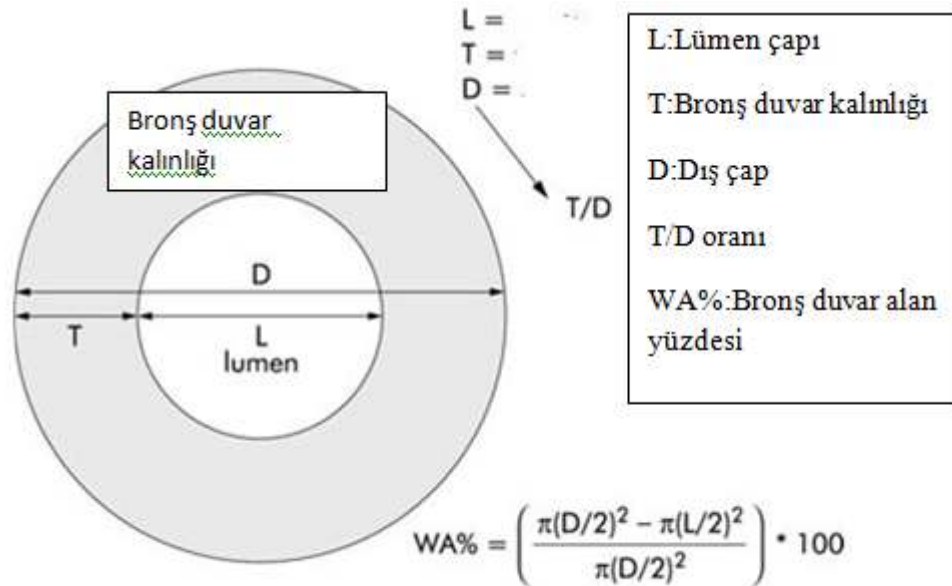
YRBT kesitleri, hastaların semptomlarını ve grubunu bilmeden değerlendirildi. Yüksek rezolüsyonlu bilgisayarlı tomografide, hava yollarının (lober ve segmental, subsegmental bronşların) dış lümen ve iç lümen çapları tespit edilip, aortik ark, karina, pulmoner arter, pulmoner ven ve diyafragma seviyelerinden hilus düzeyi (pulmoner arter düzeyi) seçilerek aynı noktalarda bir santral ve dört periferik alanda ekspirium(D_E) ve inspirasyondaki(D_i)

dansiteleri ayrı ayrı ölçülerek ortalama akciğer dansiteleri alındı. D_E/D_I oranları , fokal hava hapsi ve heterojen havalanma artış alanları araştırıldı.

Bronş duvar kalınlığının hesaplanması için inspiyumda alınan kesitlerde lobar ve segmental, subsegmental bronşların bronş duvarı dış kontürleri arasındaki total çap (D) ve iç kontürleri arasında kalan lümen çapları (L) elektronik olarak ölçüldü. $(D-L)/2$ formülü (149) kullanılarak (T) - bronş duvar kalınlıkları hesaplandı. Bronşların total çapları ve lümen çapları kullanılarak $A = \pi r^2$ formülü ile bronşun total alanı (A0) ve lümen alanı (A1) ayrı ayrı hesaplandı. Total alandan (A0) lümen alanı (A1) çıkarılarak bronş duvar alanı (WA) hesaplandı. Duvar kalınlığının total çapa oranı (T/D), duvar alanının yüzdesi ($\%WA = WA/A_0 \times 100$) hesaplandı (Şekil 4). Ayrıca elde edilen kesitlerde astıma eşlik eden hava hapsi, amfizem, asiner patern, bronşiektazi, kollaps, fibrotik değişiklikler, mukus tıkaçı ve bronş duvar kalınlaşması gibi toraks YRBT bulguları değerlendirildi.

Bronşun arter çapından geniş olması ve akciğer periferine doğru inceleme göstermemesi bronşiektazi; ekspiryumda alınan kesitlerde, nondestrüktif artmış havalanma alanları hava hapsi ve alveoler dansite artışı gösteren alanlar, asiner patern olarak değerlendirildi.

Aynı astımlı hastalarda standart doz YRBT ve düşük doz YRBT’de T, T/D, WA, %WA ölçümleri ve toraks YRBT bulguları, grup 1 ve 2’de toraks YRBT bulguları ve aynı bronş ve bronşial duvarı ölçümleri açısından karşılaştırıldı (149)



Şekil 3. YRBT’de bronş duvar ölçümleri (aynı bronş ve bronşiyolde yapıldı)

Hesaplanan bu değerler astımlı hastalarda standart doz ve düşük YRBT’de karşılaştırıldı. Elde edilen verilerin istatistiksel değerlendirilmesi SPSS-11.5 istatistik programı ile yapıldı. Parametrik test olan Paired-samples T test ve nonparametrik test olan Fisher’in exact Ki-kare testi kullanıldı.

4.BULGULAR

Astımlı olguların 14 (% 46,7)’ü erkek, 16 (%53,3)’si kadın olup, yaş ortalaması 40,06 ± 12.56 yıl idi. Çalışma cinsiyet ve ağırlıktan bağımsız olarak yapıldı. Hastalık süresi 6.46 ± 5.21 yıl idi. YRBT görüntüleri, bölümümüzde çalışan iki radyolog tarafından birlikte yorumlanıp son karar, fikir birliğine varılarak verildi. Astım derecesi FEV1 değerlerine göre yapıldı.

Tablo 5: 30 Astımlı hastada YRBT (hem inspirium hem de ekspiriumdaki) bulgularının standart doz ve düşük doza göre dağılımı

(n=hasta sayısı=30)

Bulgu	Hava Hapsi	Amfizem	Asiner patern	Bronşektazi	Kollaps	Fibrotik değişiklik	Mukus tıkaçı	Bronş Duvar Kalınlaşması
Standart doz n (%)	8(%26,6)	12(%40)	1(%3,3)	28(%93,3)	1(%3,3)	13(%43,3)	1(3,3)	30(%100)
Düşük doz n (%)	8(%26,6)	12(%40)	1(%3,3)	28(%93,3)	1(%3,3)	13(%43,3)	1(%3,3)	30(%100)

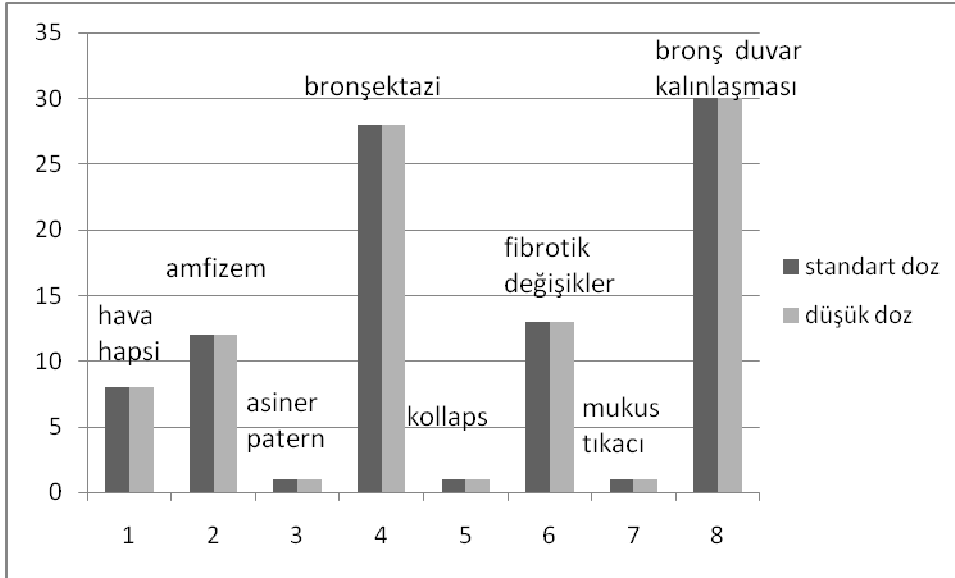
Tablo 5’deki YRBT bulguların özeti.

30 astımlı hastada düşük doz YRBT ile elde edilen bulgular (hava hapsi, amfizem, asiner patern, bronşektazi, kollaps, fibrotik değişiklikler, mukus tıkaçı, bronş duvar kalınlaşması) ile standart doz YRBT bulguları arasında kantitatif olarak tablo 5’de herhangi bir fark görülmemektedir. Böylece

düşük dozda da yaklaşık aynı görüntü ve bulgular elde edilecektir.

Grafik 2. 30 astımlı hastada standart doz ve düşük doz YRBT (hem inspirium hem de ekspiriumdaki) bulguları

Hasta sayısı=30



YRBT bulguları

Grafik 2'de 30 astımlı hastada düşük doz YRBT ile elde edilen bulgular (hava hapsi, amfizem, asiner patern, bronşektazi, kollaps, fibrotik değişiklikler, mukus tıkaçı, bronş duvar kalınlaşması) ile standart doz YRBT bulguları arasında kantitatif olarak grafikte herhangi bir fark görülmemektedir. Böylece astımlı hastalardaki YRBT bulguları, hem standart doz hemde düşük dozda yaklaşık olarak aynı şekilde gözlemlenmektedir.

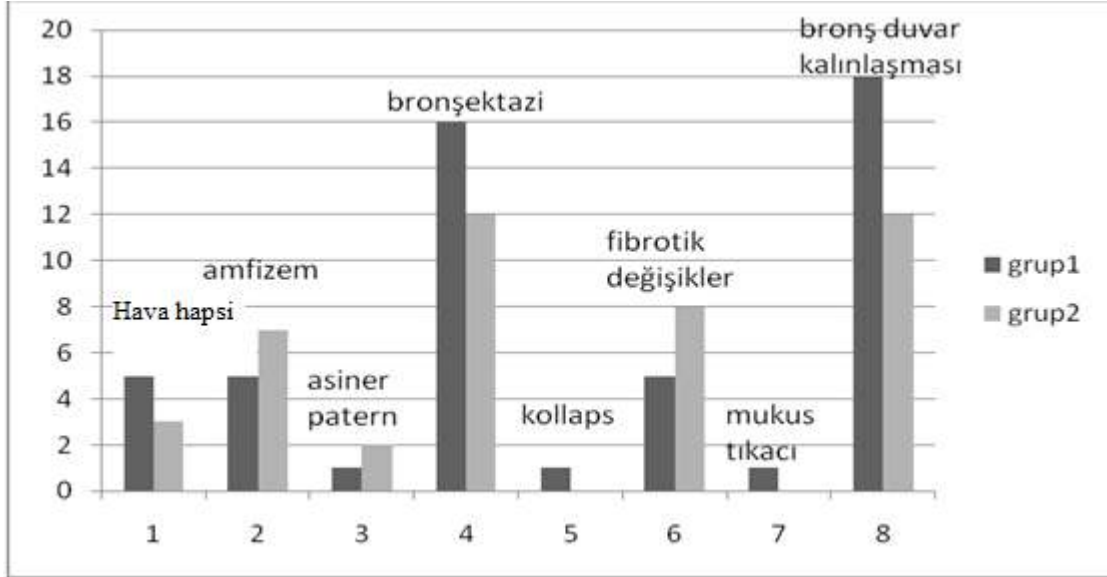
Tablo 6: 30 astımlı hastada astım şiddetine göre standart doz ve düşük doz toraks YRBT (hem inspirium hem de ekspiriumdaki) bulguları

Grup	Hava hapsi	Amfizem	Asiner patern	Bronşektazi	Kollaps	*Fibrotik değişikler	Mukus tıkacı	Bronş duvarı kalınlaşması
Standart doz Grup1 n (%)	5(27,7)	5 (27,7)	1 (5,5)	16 (88,8)	1 (5,5)	5 (27,7)	1 (5,5)	18 (100)
Standart doz Grup2n (%)	3 (25)	7 (58,3)	2 (16,6)	12 (100)		8 (66,6)		12 (100)
Düşük doz Grup1 n (%)	5(27,7)	5 (27,7)	1 (5,5)	16 (88,8)	1 (5,5)	5 (27,7)	1 (5,5)	18 (100)
Düşük doz Grup2 n (%)	3 (25)	7 (58,3)	2 (16,6)	12 (100)		8 (66,6)		12 (100)
n: Toplam 30 hasta üzerinde yapılan çalışmada; Grup 1:Hafif intermittan ve persistan olan astımlı olgular Grup 2:Orta ve ağır persistan olan astımlı olgular *Fibrotik değişikler açısından her iki grup arasında anlamlı fark bulundu P < 0.05								

Tablo 6’da:30 astımlı hastada iki grup arasında standart doz ve düşük doz YRBT bulgularında fark izlenmedi ancak iki grup arasında sadece fibrotik değişiklikler açısından istatistiksel (kikare testi’ne göre) olarak anlamlı fark saptandı.(P<0,05) Grup 2’de fibrotik değişiklikler daha fazla izlenmekteydi. Diğer bulgular açısından iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı.(P>0,05)

Grafik 3: 30 astımlı hastada Grup 1 ve grup 2 astımlılarda YRBT (hem inspirium hem de ekspiriumdaki) bulguları

Hasta sayısı=30



YRBT bulguları

grafik 3'teki YRBT bulgularının özeti.

30 astımlı hastada standart doz ve düşük dozda çekilen YRBT bulgularına göre İki grup arasında sadece fibrotik değişiklik açısından istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı.($P<0,05$) Grup 2'de fibrotik değişiklik daha fazla izlenmekteydi. Diğer bulgular açısından iki grup arasında istatistiksel fark saptanmadı.($P>0,05$)

Tablo 7 :30 astımlı hastada hem standart doz hemde düşük dozda aynı bulgular elde edilmiş olup her astımlı hasta için YRBT (hem inspirium hem de ekspiriumdaki) bulgularının gösterilmesi

Hastano	bdk	amfizem	Fibrotikd.	bronşektazi	Asiner p	Mukus t.	Hava h.	kollaps
1	1,00	1,00	0 ,00	1,00	0,00	0 ,00	0,00	0,00
2	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00
3	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
4	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
5	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
6	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
8	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
9	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
12	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
13	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
14	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
16	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
17	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00
18	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
19	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
21	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

23	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
24	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25	1,00	1,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00
28	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
29	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00	0,00
30	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00

30 astımlı hastada hem standart doz hemde düşük doz YRBT'de aynı görüntüler elde edilmiş olup YRBT (hem inspirium hem de ekspiriumdaki) bulgularının her hasta için tablo halinde gösterildi.bdk:bronş duvar kalınlaşması,fibroikd.:fibrotik değişiklikler,asiner p.:asiner patern,mukus t.:mukus tıkaçı,hava h.:hava hapsi,1:var(+), 0:yok(-)

Tablo 8: 30 astımlı hastada sağ akciğer için standart doz ve düşük doz YRBT’de (inspirasyondaki) bronş duvar ölçümleri

	Standart doz (n ± SD)	Düşük doz (n ± SD)	Sağ Akciğer (P)
Ssb lümen çapı (< 2mm)	Subsegment bronşu	Subsegment bronş ort.± SD	
Total bronş sayısı	30	30	
T (mm) ssb	0,86±0,24	0,85±0,25	0,75
T/D ssb	0,25±0,39	0,25±0,90	0,75
WA (mm ²) ssb	7,33±4,26	7,31±4,31	0,98
%WA ssb	76,28±8,84	75,98±10,27	0,88
Sb bronş çapı (> 2mm)	Segment bronş±SD	Subsegment bronş ort.±SD	
Total bronş sayısı	30	30	
T(mm) sb	1,29±0,32	1,24±0,35	0,43
T/D sb	0,25±0,04	0,26±0,04	0,67
WA sb	15,90±5,56	14,07±7,34	0,13
%WA sb	77,11±12,39	75,11±11,64	0,49
Lob bronş çapı (>2mm)	Lob bronş çapı±SD	Lob bronşu ort.±SD	
Total bronş sayısı	30	30	
T (mm) lb	2,08±0,5	2,25±0,5	0,09
T/D lb	0,25±0,04	0,27±0,04	0,009*
WA lb	43,93±24,71	42,32±19,80	0,54
%WA lb	76,00±8,67	77,99±9,09	0,27
<p>Ssb:Subsegment bronş,Sb:segment bronşu,Lb:lob bronşu,T:bronş duvar kalınlığı, T/D:Bronş duvar kalınlığı/dış çap,WA:Bronş duvar alanı,%WA:yüzde bronş duvar alanı Gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı (P>0,05) *Sağ akciğerde sadece lob bronşu/dış çap oranında anlamlı fark vardı (P<0,05)</p>			

Tablo 8’de 30 astımlı hastada sağ akciğer için çekilen standart doz ve düşük doz YRBT’de bronş ölçümleri açısından sadece sağ lob bronşu/dış çap oranında anlamlı bir fark saptandı.(P<0,05) diğer bulgular açısından anlamlı bir fark izlenmedi.(P>0,05)

Tablo 9: 30 astımlı hastada sol akciğer için standart ve düşük doz YRBT’de (inspirasyondaki) bronş duvar ölçümleri

	Standart doz (n ± SD)	Düşük doz (n ± SD)	Sol Akciğer (P)
Ssb lümen çapı (< 2mm)	Subsegment bronşu	Subsegment bronş ort .± SD	
Total bronş sayısı	30	30	
T (mm) ssb	0,72±0,25	0,81±0,28	0,11
T/D ssb	0,22±0,39	0,25±0,04	0,08
WA (mm ²) ssb	5,90±2,86	6,29±2,97	0,48
%WA ssb	72,13±10,30	74,17±9,56	0,36
Sb bronş çapı (> 2mm)	Segment bronş±SD	Subsegment bronş ort.±SD	
Total bronş sayısı	30	30	
T(mm) sb	1,29±0,45	1,31±0,37	0,84
T/D sb	0,27±0,03	0,27±0,04	0,80
WA sb	14,35±8,45	14,67±7,59	0,81
%WA sb	77,56±9,44	77,94±11,13	0,89
Lob bronş çapı (>2mm)	Lob bronş çapı±SD	Lob bronşu ort.±SD	
Total bronş sayısı	30	30	
T (mm) lb	1,87±0,48	1,86±0,40	0,87
T/D lb	0,26±0,05	0,26±0,04	0,77
WA lb	31,14±15,16	31,13±17,21	0,99
%WA lb	76,36±8,06	74,87±11,55	0,49
Sol akciğer için standart ve düşük doz arasında bronş duvar ölçümleri açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı.(P>0,05)			

Tablo 9’de 30 astımlı hastada sol akciğerde standart doz ve düşük doz YRBT ölçümlerine göre T, T/D, WA, %WA ölçümleri yönünden istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı.(P>0,05) .

Tablo 10: 30 astımlı hastada her iki akciğer için standart doz ve düşük doz YRBT’de inspirasyonda bronş dış çaplarının karşılaştırılması

	Standart doz ort. (mm±SD)	Düşük doz ort. (mm±SD)	P
Sağ akciğer inspirasyon (lob bronşu)	8,33±2,38	8,13±2,02	0,35
Sol akciğer inspirasyon (lob bronşu)	7,04±1,65	7,05±2,06	0,87
Sağ akciğer inspirasyon (segment bronşu)	4,94±1,14	4,70±1,16	0,35
Sol akciğer inspirasyon (segment bronşu)	4,62±1,04	4,71±1,03	0,55
Sağ akciğer inspirasyon (subsegment bronşu)	3,29±0,73	3,30±0,85	0,95
Sol akciğer inspirasyon (subsegment bronşu)	3,06±0,72	3,12±0,75	0,64
Standart ve düşük doz arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı. (P>0,05)			

Tablo 10’da 30 astımlı hastada her iki akciğer için, standart doz ve düşük dozda inspirasyon sırasında yapılan çekimlerde lob, segment ve subsegment bronşlarda dış çap ölçümlerinin karşılaştırılmasında standart ve düşük doz arasında anlamlı bir fark izlenmedi(P>0,05)

Tablo 11: 30 astımlı hastada her iki akciğer için standart doz ve düşük doz YRBT’de inspirasyonda bronş iç çaplarının karşılaştırılması

	Standart doz ort. (mm±SD)	Düşük doz ort. (mm±SD)	P
Sağ akciğer inspirasyon (lob bronşu)	4,16±1,57	3,76±1,54	0,03*
Sol akciğer inspirasyon (lob bronşu)	3,36±1,09	3,35±1,50	0,96
Sağ akciğer inspirasyon (segment bronşu)	2,33±0,86	2,21±0,87	0,23
Sol akciğer inspirasyon (segment bronşu)	2,03±0,3	2,12±0,52	0,29
Sağ akciğer inspirasyon (subsegment bronşu)	1,56±0,4	1,60±0,55	0,57
Sol akciğer inspirasyon (subsegment bronşu)	1,63±0,31	1,53±0,35	0,10

30 astımlı hastada standart doz ve düşük doz YRBT bulgularına göre, bronş iç çap karşılaştırılmasında sadece sağ akciğer lob bronşu iç çap açısından istatistiksel (Paired Samples T Testi’ne göre) olarak anlamlı bir fark saptandı (*P<0,05).

Diğer bulgular açısından standart doz YRBT ve düşük doz YRBT karşılaştırılmasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmadı.(P>0,05)

Tablo 12. 30 astımlı hastada YRBT’de (hem inspirium hem de ekspiriumdaki) kullandığımız standart doz ve düşük doz kVp ve mAs değerlerinin karşılaştırılması

kVp(kilovolt)	mAs (miliamper-sn)	Yüzde değerler (180mAs %100 kabul edildi.)
120 kVp	180mAs	%100
120kVp	60mAs	%33,34

30 astımlı hastada düşük doz YRBT çekimi sırasında alınan radyasyon dozu; mAs değeri ile doğru orantılı olarak değişir. Düşük doz sırasında alınan radyasyon dozu,Standart doz YRBT sırasında alınan doza göre yaklaşık %66.66 daha az olarak hesaplandı. Diğer bir deyişle standart dozu 120 kVp sabit tutarak (120kVp,180mAs) ,düşük doza (120kVp,60mAs) indirgemekle mAs değeri yaklaşık 2/3 oranında azalmıştır. Böylece hastanın aldığı doz da 2/3 oranında azalabileceği düşünülmektedir. (138,154).

Tablo 13: 30 astımlı hastada standart doz ve düşük doz YRBT’de (hem inspirium hem de ekspiriumdaki) HU (Hounsfield Unit)

değerlerinin karşılaştırılması

	Standart doz YRBT ort. (HU±SD)	Düşük doz YRBT ort.(HU±SD)	P
Sağ akciğer inspirasyon	-888,83±52	-882,21±62	0,53
Sol akciğer inspirasyon	-885,36±60	-886,70±62	0,34
Sağ akciğer ekspirasyon	-808,63±75	-800,60±73	0,76
Sol akciğer ekspirasyon	-798,46±87	-795,90±83	0,69
Her iki akciğer için standart ve düşük doz YRBT arasında HU açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı. (P>0,05)			

Tablo 13’de 30 astımlı hastada her iki akciğerde standart ve düşük dozda inspirasyon ve ekspirasyonda çekilen YRBT’de HU (Hounsfield Unit) değerinin ortalaması alındı. İstatistiksel olarak her iki akciğer dokusu standart ve düşük dozda karşılaştırıldığında anlamlı bir fark zilenmedi.(P>0,05)

Ayrıca aynı YRBT kesiti ve aynı noktalarda ekspiratuar HU/ inspiratuar HU oranları alınarak standart ve düşük doz YRBT’de karşılaştırıldı.

Tablo 14:30 astımlı hastada ekspiratuar HU/ inspiratuar HU oranları alınarak standart ve düşük doz YRBT karşılaştırılması

Hasta no	Yaş	Cins	Astım derecesi	Std doz RL D _E /D _i	Dşk doz RL D _E /D _i	Std doz LL D _E /D _i	Dşk doz LL D _E /D _i
1	34,00	1,00	1,00	0 ,87	0 ,88	0,83	0,91
2	53,00	2,00	1,00	0 ,99	0 ,92	0,99	0,98
3	47,00	2,00	2,00	0,97	0 ,99	0,95	0,94
4	55,00	2,00	1,00	0,95	1,01	0,98	1,03
5	29,00	1,00	1,00	0,76	0 ,81	0,68	0,83
6	17,00	1,00	1,00	1,03	0 ,75	1,01	0,64
7	25,00	2,00	2,00	0,90	0 ,93	0,87	0,90
8	35,00	1,00	1,00	0,91	0 ,89	0,93	0,88
9	42,00	1,00	2,00	0,90	0 ,92	0,81	0,89
10	28,00	1,00	1,00	0,99	0 ,80	1,05	0,95
11	28,00	2,00	1,00	0,98	1,00	0,98	1,01
12	43,00	2,00	1,00	0,89	0 ,88	0,88	0,90
13	57,00	1,00	2,00	0,99	1,00	0,97	0,98
14	34,00	2,00	1,00	0,83	0 ,81	0,78	0,82
15	17,00	1,00	1,00	0,88	0 ,83	0,89	0,84
16	60,00	1,00	2,00	1,02	1,23	1,10	0,96
17	53,00	2,00	2,00	0,87	0 ,93	0,90	0,89
18	36,00	1,00	1,00	0,78	0 ,74	0,78	0,78
19	54,00	2,00	2,00	0,96	0 ,93	0,93	0,94
20	50,00	2,00	1,00	0,86	0 ,76	0,83	0,91
21	35,00	2,00	1,00	0,96	0 ,99	1,00	0,95
22	29,00	2,00	2,00	0,80	0 ,90	0,82	0,87
23	39,00	1,00	1,00	0,68	0 ,74	0,64	0,69
24	25,00	1,00	1,00	0,92	0 ,88	0,95	0,88
25	41,00	1,00	2,00	0,74	0 ,89	0,79	1,15

26	35,00	2,00	1,00	0,95	1,04	0,99	0,92
27	41,00	2,00	2,00	0,94	1,06	0,95	0,93
28	60,00	2,00	1,00	0,90	0,81	0,85	0,81
29	41,00	1,00	2,00	0,98	0,89	0,91	0,91
30	59,00	2,00	2,00	0,99	1,02	0,99	1,01

Tablo 14: 30 astımlı hastada cins 1=erkek, cins 2=kadın / astım derecesi grup 1=hafif intermitant ve persistan, grup 2=orta ve ağır persistan/std=standart ,dşk=düşük /RL=sağ akciğer, LL=sol akciğer/D_E=ekspiratuar dansite, D_i=inspiratuar dansite yönünden tablo halinde karşılaştırıldı. Her iki akciğer için standart ve düşük doz YRBT arasında akciğer parankiminde D_E/D_i HU açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı. (P>0,05)

Tablo 15: 30 astımlı hastada standart doz ve düşük doz YRBT'de D_E/D_i HU ortalama oranlarının karşılaştırılması

	Standart doz YRBT ort. (HU±SD)	Düşük doz YRBT ort.(HU±SD)	P
Sağ akciğer ekspirasyon HU /inspirasyon HU oranı	0,90±0,08	0,90±0,11	0,54
Sol akciğer ekspirasyonHU/ İnspirasyon HU oranı	0,90±0,11	0,90±0,09	0,38

Tablo 15: 30 astımlı hastada her iki akciğer için standart ve düşük doz YRBT arasında akciğer parankiminde D_E/D_i HU ortalaması açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmadı. (P>0,05)

İmaj kalitesinin kalitatif olarak normal doz ve düşük doz toraks YRBT'lerin değerlendirilmesinde aşağıdaki skorlama kullanıldı:

- 0: çok artefaklı,**
- 1: kabul edilebilir düzeyde artefaklı,**
- 2: artefaksız**

Tablo 16: 30 astımlı hastada YRBT’de (hem inspirium hem de ekspiriumdaki) imaj kalitesinin kalitatif değerlendirilmesi

Skorlama	120kVp	120kVp	120kVp	120 kVp
	180mAs n=30	180 mAs %	60mAs n=30	60mAs %
0. Çok artefaklı	-	%0	-	
1. kabul edilebilir düzeyde artefaklı	-	%0	3	% 10
2.artefaktsız	30	%100	27	% 90

Tablo 16’de 30 astımlı hastada imaj kalitesinin yapılan kalitatif değerlendirmesinde, standart ve düşük doz incelemeler de lezyon saptama hassasiyeti ve artefakt açısından değerlendirilerek skorlama yapıldı. Değerlendirme sonuçlarına göre; 30(%100) hastanın sadece ilk çekimde kullanılan standart doz ile alınan görüntülerinin artefaktsız olduğu saptandı. Düşük doz çekimlerin kalitatif değerlendirilmesinde ise toplam 30 düşük doz incelemenin, 27(%90) tanesi "artefaktsız", 3(%10) tanesi "kabul edilebilir düzeyde artefaklı" olarak değerlendirildi. Bu 3 artefaktlar düşük dozdan (60 mAs) kaynaklanan paravertebral streak artefaktıydı . (139)

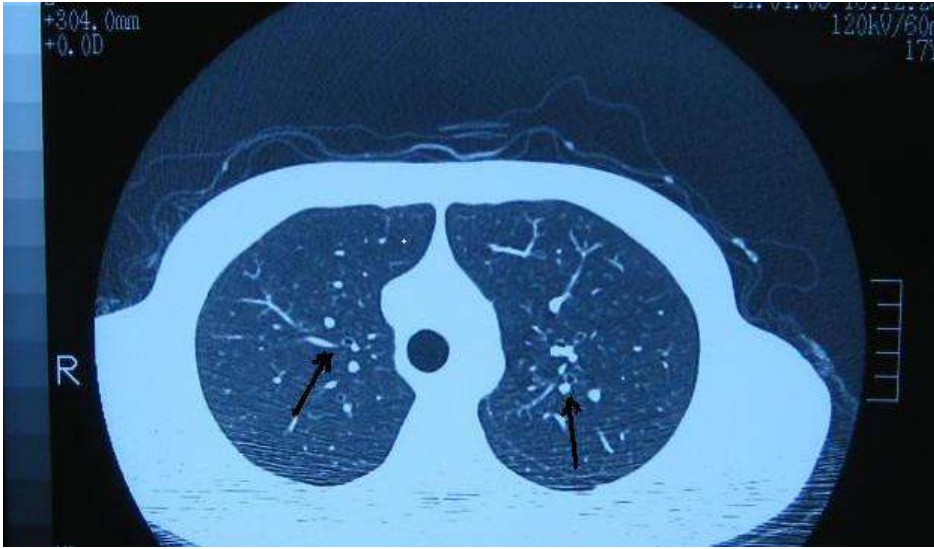
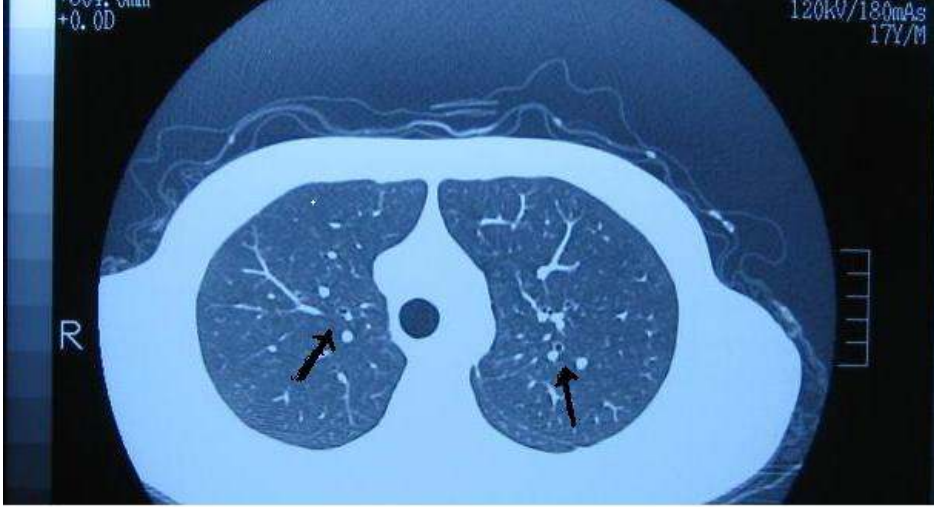
İdeal şartlarda imaj gürültüsü, mAs’ın karekökü ile ters orantılı olmalıdır. mAs iki katına çıkarıldığında gürültü $2^{1/2}$ oranında azalmalıdır (152).

Bütün radyografik modalitelerde olduğu gibi, gürültü oranında düşüş isteniyorsa doz arttırılmalıdır. Gürültü düşük kontrast rezolüsyonunu etkiler. Ancak toraks ve paranazal sinüs gibi dokular arası atenasyonun belirgin olduğu durumlarda, imaj kalitesi gürültüden daha az etkilenmektedir(150,151).

OLGULARDAN ÖRNEKLER

OLGU 1:

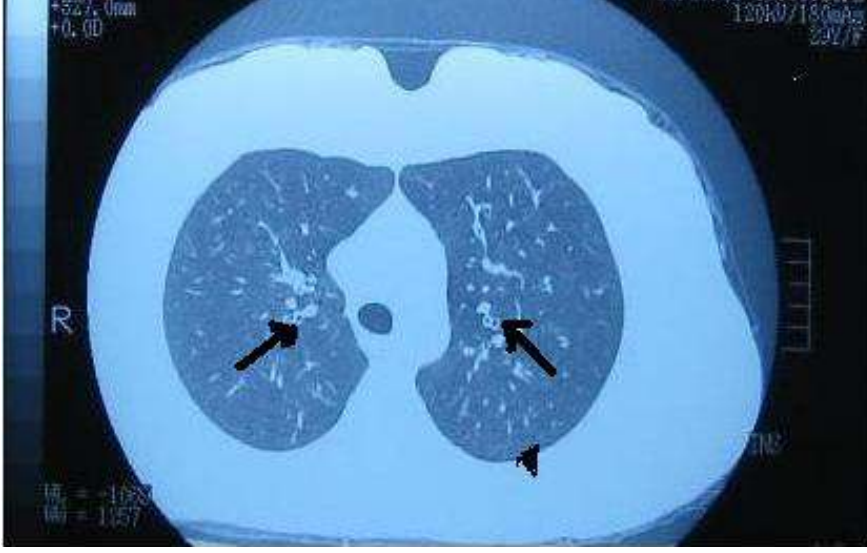
17 yaşındaki erkek hasta, 1 yıldır astım şikayeti mevcuttur. FEV1: % 99 > %80 değerine göre grup1 (hafif intermitant ve persistan)'de yer alan hastanın çekilen standart doz ve düşük doz YRBT bulguları karşılaştırıldı.



Resim 4.: Standart ve düşük dozda çekilen YRBT'de her iki akciğer üst lob anterior segmentte peribronşial kalınlaşma ve fokal bronşektazik alanlar izlenmektedir (siyah oklar)

OLGU 2:

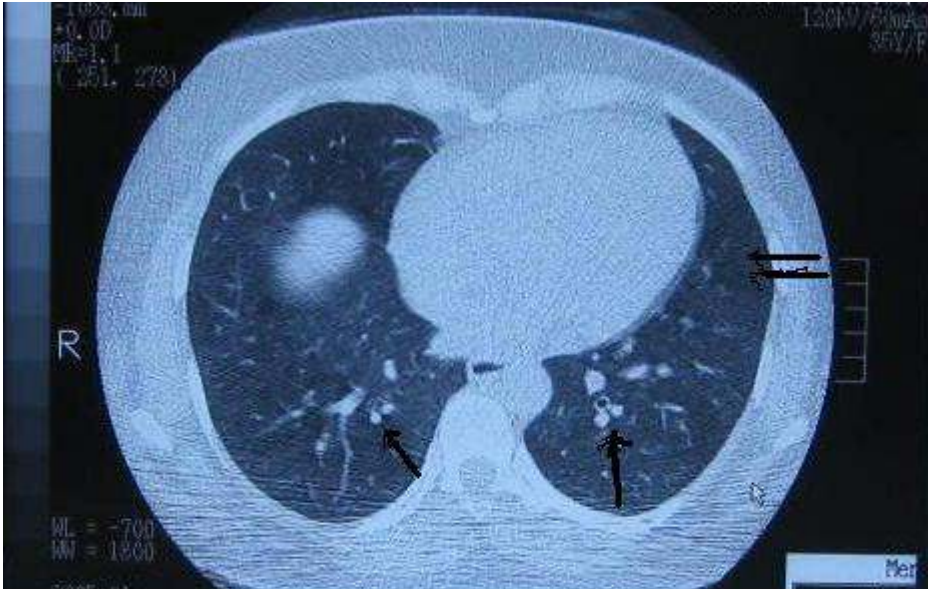
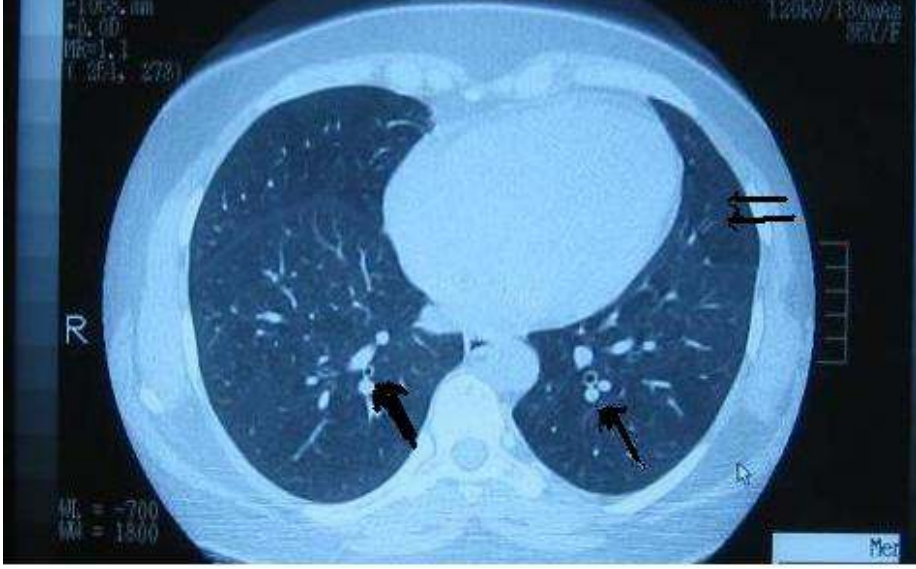
29 yaşında bayan hasta, 4 yıldır astım hastalığı mevcuttur. FEV1:% 71< % 80 değerine göre grup 2 (orta ve ağır persistan)'de yer alan hastanın çekilen standart doz ve düşük doz YRBT bulgularının karşılaştırılması



Resim 5: Standart ve düşük dozda çekilen YRBT'de her iki akciğer üst lob anterior segmentte peribronşial kalınlaşma(siyah ok) ve üst lob posterior segmentte interlobuler septal kalınlaşma (siyah okbaşı) izlendi.

OLGU 3

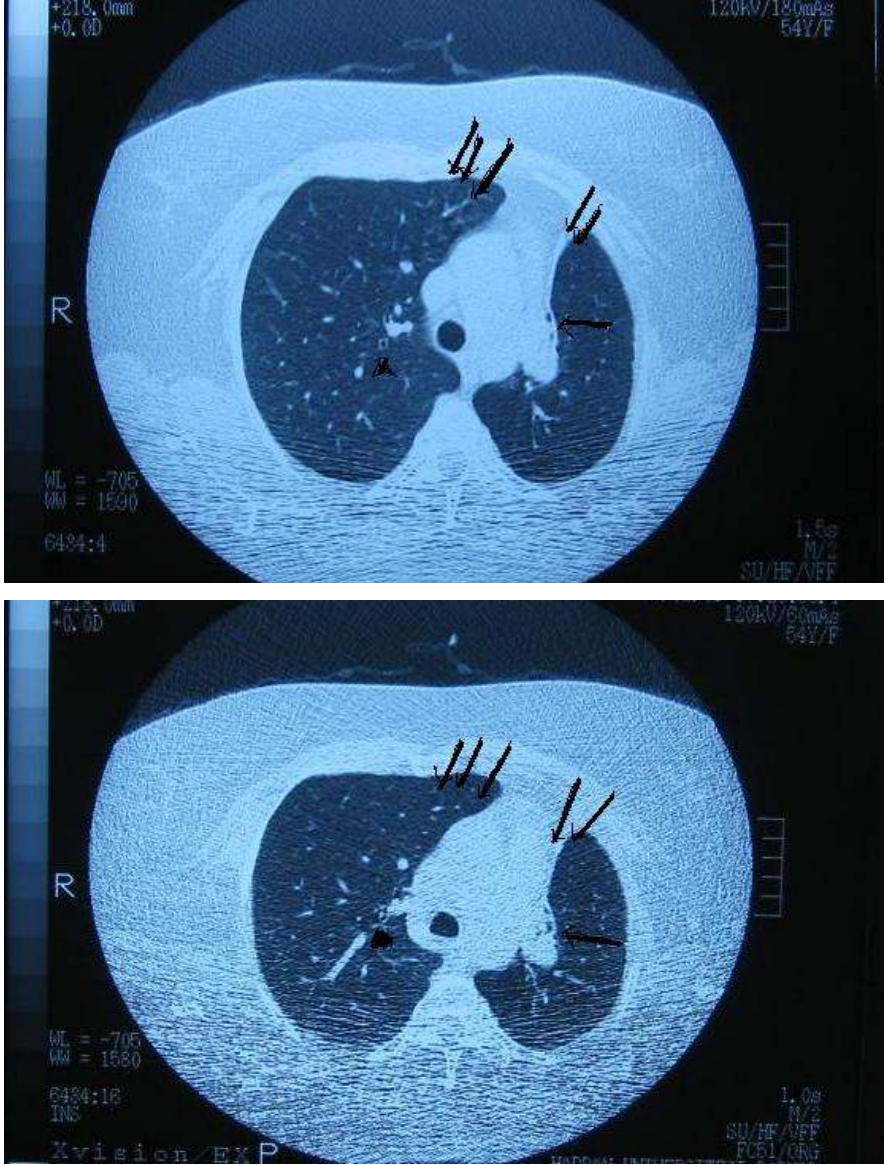
35 yaşında bayan hasta,5 yıldır astım hastalığı mevcuttur. FEV1:% 101> % 80 değerine göre grup 1'de (hafif intermitantve persistan) yer alan hastanın çekilen standart ve düşükdozYRBT



Resim 6:Standart doz ve düşük doz YRBT'de her iki akciğer alt lob süperior segmentte peribronşial kalınlaşma, fokal bronşektazik alanlar (tek siyah ok) ve sol akciğer üst lob inferior linguler segmentte amfizematöz heterojen havalanma artışı izlendi.(çift siyah ok)

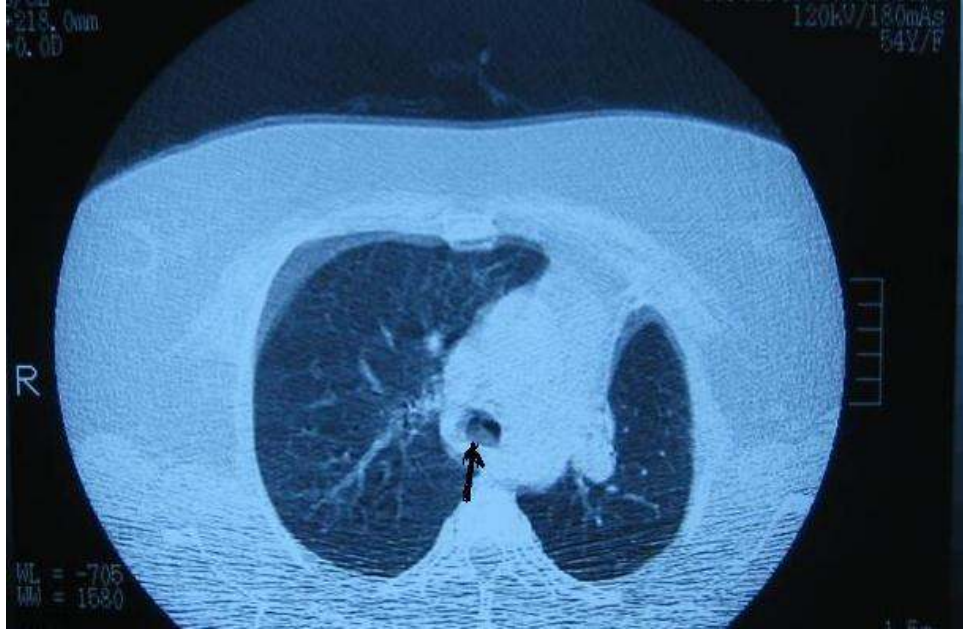
OLGU4. 54 yaşında bayan hasta, 1 yıldır astım hastalığı mevcuttur.

FEV1:% 87 > % 80 olup grup 1 (hafif intermitant ve persistan)'de yer almaktadır.



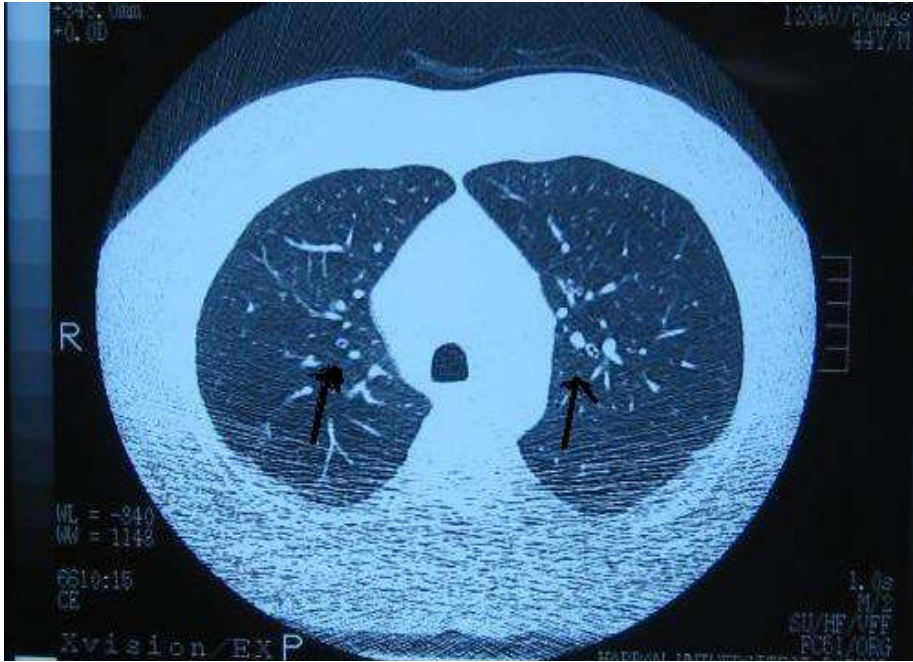
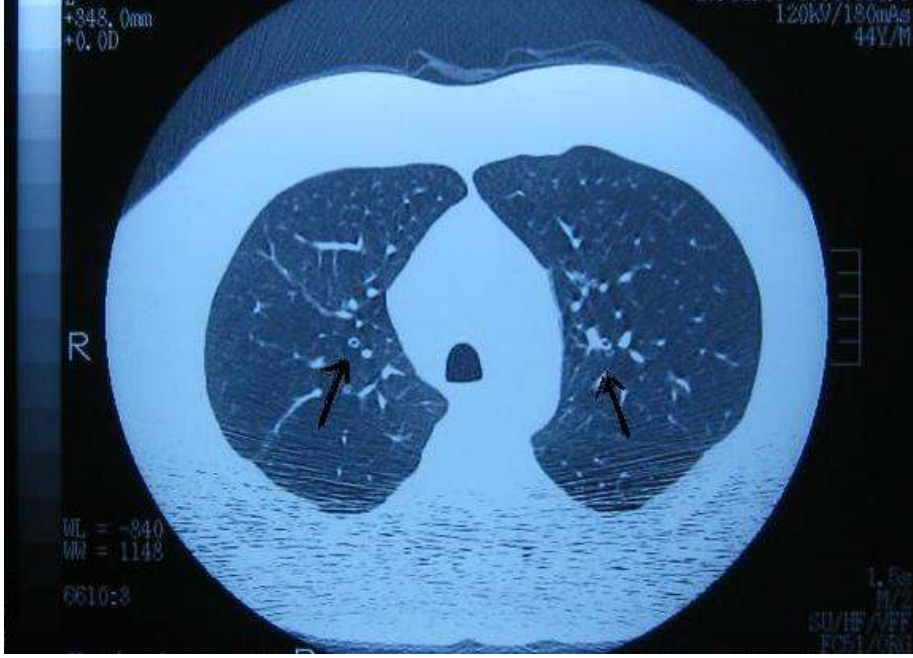
Resim 7.1: Sağ akciğer üst lob anterior segmenti üst mediastende sola doğru minimal şift yapmıştır.(yan yana 3 siyah ok),solda apekte plevraya uzanan hava bronkogramı içeren konsolide alan öncelikle konsolide alan (asiner patern) ve kollapsa neden olan alan atelektazi lehine değerlendirildi. (sol akciğer üst lob kollapsı;yan yana 2 siyah ok) Sağ akciğer üst lobta peribronşial kalınlaşma ve fokal bronşektazi izlendi (ok başı) Düşük dozda her iki akciğer posterior kesimlerinde paravertebral streak artefaktı izlendi.linear çizgilenmeler ve granüllü yapılar lezyonu seçmeyi engellememekte ve kabuledilebilir artefakt olarak sayıldı.

OLGU 4a. Aynı astımlı hastanın başka bir YRBT kesiti



Resim 7.2 Aynı olgunun başka YRBT kesitinde standart ve düşük dozda çekilen YRBT’de trakea’nın karina düzeyinde ana bronşlara ayrışma yerinde mukoid tıkaçla uyumlu görünüm izlendi.(siyah oklar)

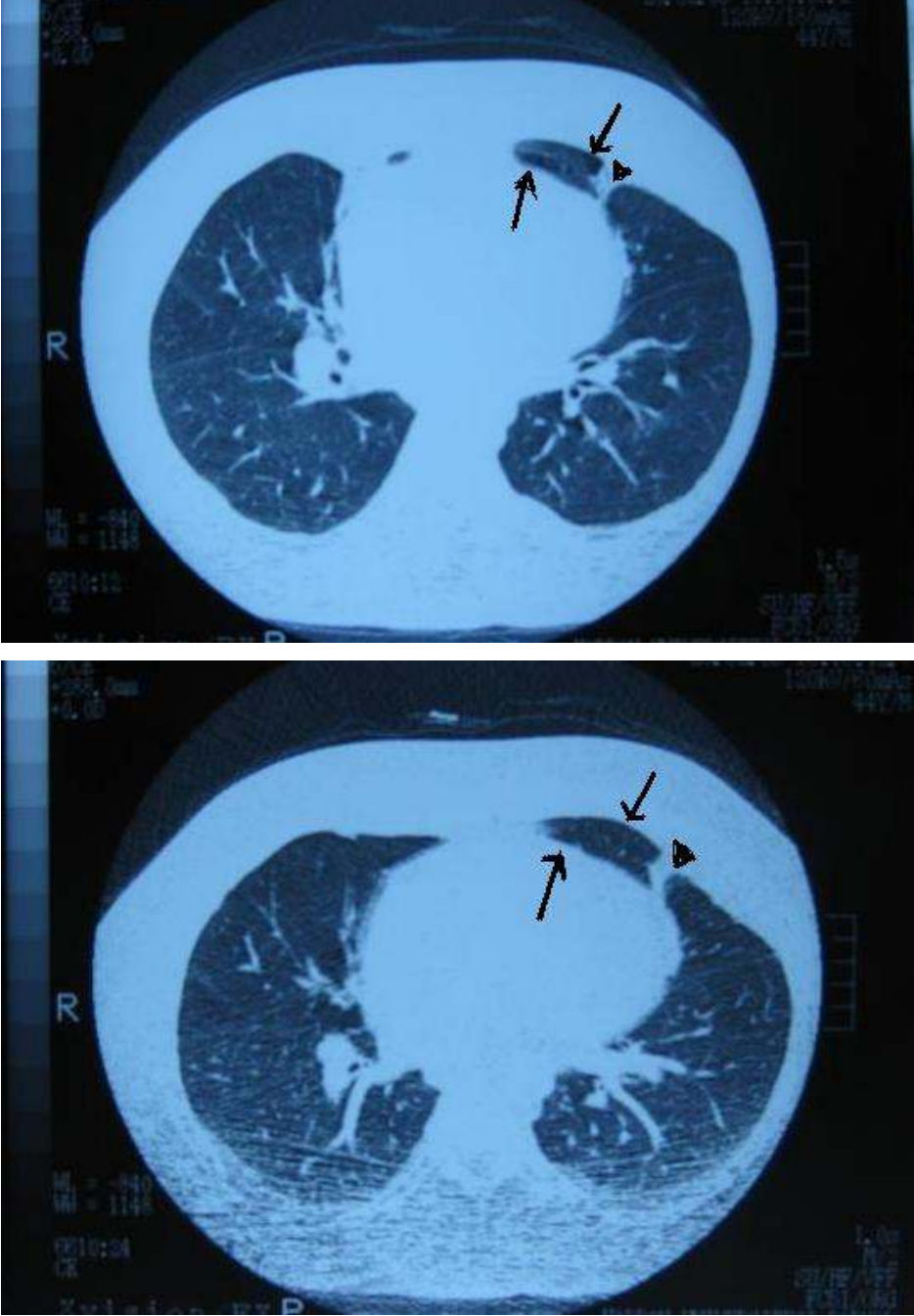
OLGU 5: 44 yaşında erkek hasta, 8 yıldır astım hastalığı mevcuttur. FEV1:% 54 < % 80 olup grup 2 (orta ve ağır persistan)'de yer almaktadır.



Resim 8.1: Standart doz ve düşük doz YRBT'de her iki akciğer üst lobta peribronşial kalınlaşmalar ve fokal bronşektazil alanlar izlendi. Her iki akciğer üst lob posterior segmentte plevral kalınlaşma ve fibrotik değişiklikler izlenmektedir.

OLGU5.a

Olgu 5'teki aynı hastanın başka bir ekspiratuar YRBT kesiti



Resim 8.2: Lokal hava hapsi ve fibrotik değişikler izlenmektedir. Düşük dozda her iki akciğer posterior kesimlerinde paravertebral streak artefaktı izlendi. Lineer çizgilenmeler ve granüllü yapılar lezyonu seçmeyi engellememekte ve kabuledilebilir artefakt olarak sayıldı.

5.TARTIŞMA

Uluslararası Radyasyondan Korunma Komisyonu'nun (ICRP) değerlendirmesine göre efektif doz değeri 1 mSv olan radyasyon maruz kalımının, maruziyete uğrayan her 100 bin bireyden 5 kişide malignensiye yol açacağı belirtilmektedir. Bu bilgi, her 1 mSv'in bile ne kadar önemli olduğu ve bir toraks BT'nin efektif doz eşleniği olan 3-27 mSv aralığının aslında ne kadar geniş bir aralık olduğunu vurgulamaktadır. Öyle ki bu aralıkta 24 mSv fark olup 100 bin kişide 120 kişinin hayatının etkilenmesi söz konusudur. (1).

Bu çarpıcı sonuçlar, son yıllarda tüm dünyada tıp bilim adamlarının dikkatini çekmiştir. BT endikasyonlarının gerekliliği, sıklığı ve BT çekimindeki alınan dozu belirleyen teknik parametreler ile ilgili kar-zarar dengeleri sorgulanmaya başlanmıştır.

Thomas L. Slovis ve arkadaşları, 2002 yılındaki multidisipliner bir konferansta özellikle pediatrik hasta grubunun aldığı radyasyon dozunu azaltmaya yönelik ALARA (tanıya yönelik kullanılabilir en az radyasyon oranı konsepti) konseptini oluşturmuşlardır. Bir çok maddeden oluşan bu konseptin amacı hastaların aldığı radyasyon dozunu olabildiğince azaltmaktır. Bu konsept, klinisyenlerin, radyasyona maruz kalımına neden olan tetkik istemlerinde seçici olmasını, tetkik istemlerinde klinisyen ve radyoloğun sıkı iletişim halinde olması, hasta için gerekli tetkikin ne olduğuna birlikte karar verilmesini önermektedir. Çekim esnasındaki teknik parametrelerin radyolog tarafından hastanın özellikleri (yaş, zayıflık, hamilelik vb.) dikkate alınarak belirlenmesi ve diagnostik olarak görüntü kalitesi açısından kabul edilebilir en düşük dozlarda çekim yapılmasını önermektedir (139).

Toraks BT çekimi sırasında alınan radyasyon dozu; tüp akımı, tüp voltajı, görüntüleme zamanı, pitch, kesit kalınlığı, görüntüleme hacmi ile ilgilidir. Naidich ve arkadaşları ile Zwirewich ve arkadaşları, ilk kez düşük doz BT çalışmaları yaparak bu konuda öncü olmuşlardır.

Naidich DP ve arkadaşları, normal akciğer morfolojisi ve nodüler akciğer hastalıkları, hava yolu hastalıkları, interstisyel hastalıklar, bronşiektaziler gibi patolojileri, sabit kVp ve 140-10 mA arasında değişen tüp akım değerlerinde incelemişlerdir. Düşük doz görüntülerde, çözünürlükte anlamlı bir değişiklik izlenmemiş ancak paravertebral alanlarda streak artefakt

insidansının bir miktar arttığını saptamışlardır. Doz düştükçe quantum mottle(benekli görünüm) artsa da bunun akciğerin normal yapılarının ve patolojilerin görülmesinde engel teşkil etmediğini rapor etmişlerdir. 10 mAs ve 1.5mm kesit kalınlığını pratik limit olarak kabul etmişler ve bu doza kadar incelemelerin görüntü kalitesinin kabul edilebilir olacağını sonucuna varmışlardır (7, 134, 135)

Zwirewich C.V. ve arkadaşları da benzer şekilde sabit kVp ve 20-200 mAs kullanarak yaptıkları yüksek ve düşük doz çalışmalarda, anlamlı çözünürlük kaybı olmadığını fakat düşük dozla YRBT çekimlerinde streak artefaktlarda artış olduğunu saptamışlardır (8).

Bizim çalışmamızda kVp sabit tutulup mAs düşürülerek doz azaltımı yapılmıştır. Düşük doz YRBT incelemelerde quantum mottle (benekli görünüm) izlense de çözünürlüğü önemli ölçüde etkilemediği görüldü. Ayrıca bizim çalışmamızda düşük doz incelemelerde 3 hastada streak artefakta rastlanmış ancak bu artefaktlar patolojik lezyonların görülebilirliğini etkilememiştir.

DDBT, erken tanıda akciğer grafisine göre daha etkili bulunmuştur (13).

Lenzen H. ve arkadaşları, BT parametrelerini değiştirerek çeşitli protokolleri karşılaştırdıkları çalışmalarında Toraks BT'de 140 kV / 128 mAs ve 140 kV / 55 mAs kullanılarak alınan radyasyon dozunun parametrelere bağlı olarak erkeklerde 0.3-8.0 mSv, kadınlarda 0.55-13.5 mSv arasında değiştiğini hesaplamışlardır (3). Kaneko M. ve arkadaşları ise 50 mA tüp akımı, 10 mm kolimasyon ve pitch değeri 2 iken efektif radyasyon dozunu 2.6 mSv hesaplamışlardır (13).

Bizim çalışmamızda yapılan çekimlerde tek kesit alanı için BTDI, standart doz YRBT'de(120 kVp – 180 mAs) 0,855 mGy(mSv), düşük doz YRBT'de(120 kVp – 60 mAs) 0,285 mGy(mSv) olup hastanın aldığı doz standart doz YRBT'ye göre % 66,6 (0,57 mSv) oranında daha düşük olabileceği düşünüldü(138,153).

Düşük doz BT çalışmalarında karşımıza çıkan bir sınırlama da quantum mottle'dir. Miliamper-saniye düştükçe granüllü bir görünüm ortaya çıkmakta, bu da çözünürlüğü azaltmaktadır. Ancak yapılan düşük doz çalışmalarında bu granüllü görünümün belli bir miliamper-saniye değerine kadar kabul edilebilir düzeyde olduğu, lezyonların görülmesine engel olmadığı rapor edilmiştir. Diederich S. ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada bu sınır 25 mAs, Naidich ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise 10 mAs olarak belirtilmiştir (7, 137).

Bizim çalışmamızda 180 mAs olan standart doz değeri literatürde belirtilen 10-140 mAs aralığındaki ortalama bir değer olan 60 mAs'a düşürülmüştür. Bu doz değeri kabul edilebilir aralıkta olup izlenen quantum mottle (benekli görünüm) lezyonların görülmesini engellemektedir.

Çalışmamızdaki hasta seçimi standart doz YRBT çekimlerinde olduğu gibi düşük doz çekimlerde de cinsiyet ve kilodan bağımsız olarak yapıldı

Ayrıca akciğer diğer solid organlara göre daha yüksek kontrasta sahip olduğundan patolojiler daha kolay ayırt edilebilmekte bu da akciğeri düşük doz çalışmaları için daha elverişli hale getirmektedir. Standart

Alexander A. Bankier ve ark. yaptığı bir çalışmada; hava hapsi olan akciğer transplantasyonu gerçekleştirilen 27 hastada standart doz ve düşük doz ince kesitli bilgisayarlı tomografi bulgularının karşılaştırılmasında 140 kVp'te; tüp akım zamanını 80 mAs'den ardarda 20 mAs düşürülerek 60, 40, 20 mAs'de kesitler alındı. Ekspiratuar ince kesitli bilgisayarlı tomografide 20 mAs dışındaki görüntülerde, hava hapsi değerlendirilmesinde görüntü kalitesi azalmaktadır.(145). Bizim çalışmamızda ise imaj kalitesinin kalitatif değerlendirilmesinde ve hava hapsi açısından ekspiratuar ince kesitlerde standart doz ve düşük doz YRBT arasında anlamlı bir fark izlenmedi.

Javier Lucaya ve ark. yaptığı bir çalışmada; genç yetişkinlerde ve çocuklarda; Toraks standart doz (180 mAs) ve düşük doz (50 mAs ve 34 mAs) YRBT'de radyasyon dozu, artefakt insidansı, imaj kalitesi ve hasta kooperasyonu araştırılmıştır. Düşük doz yüksek rezolüsyonlu bilgisayarlı tomografide; radyasyon dozunda önemli bir azalma (34 mAs için %80 ve 50 mAs için % 72), ilişkili pediatrik ve genç erişkin hastalarda 34 mAs; ilişkili olmayan hastalarda ise 50 mAs ile çalışılmış ve kaliteli görüntüler sağlandığı görülmüştür.(146)

Bizim çalışmamızda standart doz YRBT kVp 120 sabit tutulup mAs değeri standart dozda 180 mAs, düşük dozda ise 60mAs'ye düşürüldü. Doz yaklaşık 2/3 (% 66,6) oranında azaltılmış olup, literatür çalışmalarındaki 34 ve 50 mAs'a değerlerine eşit olmamasına rağmen standart ve düşük dozda çekilen YRBT çekimlerinde görüntü kalitesi açısından anlamlı fark görülmemiştir.

Astımlı hastalarda akut atakta konvansiyonel akciğer radyogramı olası pnömotoraks, kollaps ya da konsolidasyonu ortaya çıkarmak amacıyla kullanılırken, kronik astımlılarda konvansiyonel akciğer radyogramı bronş ya da parankim değişikliklerini saptamada hassas değildir.

Son yıllarda astımlılarda bu değişiklikleri saptamada toraks YRBT kullanımı gündeme gelmiştir. Akciğer radyogramı normal olan, stabil astımlılarda toraks YRBT çekildiğinde, hava yolu ve parankim değişikliklerinin mevcut olduğu gözlemlendi. Bu patolojiler mukoid tıkaç, asiner patern, hava hapsi ve kollaps gibi reversibl değişikliklerin yanı sıra amfizem, bronşiektazi, fibrotik değişiklikler ve bronş duvarı kalınlaşması gibi irreversibl değişiklikleri de içermektedir.

Astımlılar hastalığın şiddetine göre toraks YRBT bulguları açısından karşılaştırıldığında, iki grup arasında reversibl değişikliklerde önemli bir fark saptanmamasına karşılık, grup 2 (orta ve ağır persistan) hastalarda amfizem, fibrotik değişiklikler, bronşiektazi ve bronş duvarı kalınlaşması gibi irreversibl değişikliklerin daha yüksek düzeyde olduğu görülmüş. Reversibl değişikliklerin yaygınlığı ile astım şiddeti arasında korelasyon saptanmamış (147)

Bizim çalışmamızda astımlı hastalar şiddetlerine göre standart ve düşük doz toraks YRBT bulguları açısından karşılaştırıldığında, grup 1 ve grup 2 arasında reversibl değişikliklerin (mukoid tıkaç, asiner patern, hava hapsi, kollaps) açısından anlamlı bir fark saptanmamıştır.($P>0,05$). İrreversibl değişiklikler (bronş duvar kalınlaşması, bronşiektazi, amfizem, fibrotik değişiklikler) yönünden karşılaştırıldığında istatistiksel olarak sadece fibrotik değişiklikler açısından anlamlı fark saptandı.($P<0,05$).İrreversibl değişiklik olan fibrotik değişiklikler grup 2'de daha sık izlenmekte olup, diğer bulgular açısından anlamlı bir fark izlenmedi ($P>0,05$). Bronş duvarı kalınlaşması her iki grupta eşit olarak tespit edildi. YRBT bulguları açısından standart doz ve düşük doz çalışmalarında anlamlı bir fark izlenmemiştir.

Boulet ve arkadaşları, intermedier bronş düzeyinde yaptıkları ölçümlerde astım ve kontrol grubu arasında T/D oranında farklılık saptamamışlar, daha küçük hava yollarını ise değerlendirmeye almamışlardır (136).

Bizim çalışmamızda standart doz YRBT ve düşük doz YRBT karşılaştırılmasında her iki akciğerde çapı 2 mm'den küçük subsegment bronşlarda ve 2 mm'den büyük segment ve sol akciğer lob bronşlarında T/D oranları açısından anlamlı bir fark izlenmedi($P>0,05$).

Sadece çapı 2 mm'den büyük sağ akciğer lob bronşlarında T/D oranları açısından ise anlamlı fark izlendi ($P<0,05$). Bunun nedeni elektronik ortamda yapılan yanlış lob bronş seçimi veya ölçüm hatasından kaynaklanabileceğini düşündük.

Awadh N.ve ark. tüm hava yolları için % WA'yı ağır ve orta şiddetteki astımda %78, hafif astımda % 74.2, kontrol grubunda % 70.9 olarak hesaplamışlar (140)

Bizim çalışmamızda sağ akciğer için; standart doz YRBT'de % WA 2 mm'den küçük subsegment bronşlarda % 76,28 ve düşük doz YRBT'de 2 mm'den küçük subsegment bronşlarda %WA 75,98 idi. İki mm'den büyük segmental bronşlarda % WA standart doz YRBT'de 77,11; düşük doz YRBT'de :75,11 ve lob bronşu için standart doz YRBT'de % WA 76,00, düşük doz YRBT'de 77,99 idi. Sağ akciğer için bu bulgular açısından anlamlı bir fark izlenmedi ($P>0,05$).

Sol akciğer için standart doz YRBT'de %WA, 2 mm'den küçük subsegmental bronşlarda 72,13 ve düşük doz YRBT'de 2 mm'den küçük subsegment bronş için % WA:74,17 idi. İki mm'den büyük segmental bronşlarda %WA standart doz YRBT'de: 77,56; düşük doz YRBT'de: 77,94 ve lob bronşu için standart doz YRBT'de % WA: 76,30, düşük doz YRBT'de: 74,87 idi. Her iki akciğerde standart ve düşük doz % WA açısından küçük ve büyük hava yollarında anlamlı bir fark saptanmadı ($P>0,05$). Küçük ve büyük hava yollarındaki alan ölçümlerimiz Awadh ve ark. sonuçlarıyla uyumluluk göstermektedir. (140)

Paganin F. ve ark. radyogramı normal olan 57 astımlı hastada yaptığı YRBT çalışmasında reversibl değişikliklerden mukoid tıkaç % 21, kollaps % 12 sıklıkla bulunmuş; yüksek dozda oral kortikosteroid tedavisi sonucu bu patolojilerin kaybolduğu gözlenmiş; astım şiddeti ile reversibl patolojiler arasında korelasyon olmadığını görmüşler. (141).

Çalışmamızda, standart ve düşük doz grup 1 astımlılarda reversibl YRBT bulgularından mukoid tıkaç % 5,5; kollaps % 5,5; asiner patern % 5,5 ve hava hapsi % 27,7 oranında saptandı. standart ve düşük doz Grup 2 astımlı hastalarda reversibl YRBT bulgularından asiner patern 16,6; hava hapsi % 27,7 oranında saptandı. Mukus tıkaç ve kollaps bu grupta izlenmedi.

A.Yorgancıoğlu ve ark. astımlılarda yürütülen çalışmada YRBT kesitlerinde amfizem % 28,6 oranında saptandı. (147). Çeşitli çalışmalarda astımlılarda YRBT'de amfizem saptanma oranı % 0-80 arasında değişmektedir.(141, 142) Astım şiddeti arttıkça amfizem

görülme oranının arttığı ve gözlenen amfizemin çoğunlukla sentrilobüler olduğu belirtilmektedir (143).

Bizim yapmış olduğumuz çalışmada ise standart doz YRBT'de amfizem % 40, düşük doz YRBT'de % 40 olup, eşit oranda izlendi.

Bronşiektazi irreversibl bir patoloji olduğu için kortikosteroid tedavisine de anlamlı yanıt alınmamaktadır. Astımlıların % 50'ünde YRBT'de bronşiektazi saptandığı, sıklıkla bronşiektazinin silindirik, nadiren variköz ve kistik tipte olduğu, ve bu bronşiektazi tiplerinin genellikle çok şiddetli astımlılarda görüldüğü belirtilmektedir. Bronşiektazi patogenezinde büyük olasılıkla mukoid tıkaçlar ve bronş hipersekresyonu rol oynamaktadır (141).

Bizim çalışmamızda bronşiektazi hem standart doz YRBT'de hem de düşük doz YRBT'de % 93,3 olup, eşit düzeydeydi.

Astımlı olgularda bronş duvarı kalınlaşmasını Lynch DA ve arkadaşları % 92, Grenier ve arkadaşları % 82 olarak saptamışlardır (142,144). Bizim yaptığımız standart ve düşük doz çalışmasında ise bu oran % 100 olarak görüldü. Bu oranın yüksek olmasının nedeni bize başvuran hastaların genellikle uzun süre astıma maruz kalmaları veya irreversibl değişikliklerin erken dönemde de ortaya çıkabileceğini göstermektedir.

Standart ve düşük doz YRBT bulguları arasında istatistiksel ve görüntü kalitesi yönünden değerlendirildiğinde anlamlı bir fark izlenmedi ($P>0,05$). Düşük doz YRBT'de hastanın maruz kaldığı radyasyon oranının % 66 oranında azaldığı ve elde edilen görüntü kalitesi açısından yeterli olması nedeniyle bu çalışmanın pratikte kullanılabilir ve faydalı olabileceği düşünülmektedir.

6.SONUÇ: Bu çalışmanın sonuçları; astımlı olgularda konvansiyonel radyograma yansımayan, ancak standart ve düşük doz toraks YRBT'de saptanabilen reversibl ve irreversibl bronş ve parankim patolojilerini göstermiştir. Hafif şiddetteki astımlılarda bile bronş duvarı kalınlaşması gibi değişiklikliklerin görülmesi, astımda inflamasyon etkisi ile erken dönemde de hasar oluşturabileceği görüşünü desteklemiştir. Bu değişikliklerin klinikte radyolojik olarak her olguda gösterilmesi şart değildir, ancak bu olası değişikliklerin varlığının bilinmesi erken dönemde antiinflamatuvar tedavinin başlanmasını desteklemektedir.

Düşük doz YRBT çekimi sırasında alınan radyasyon dozu; mAs değeri ile doğru orantılı olarak değişir. Düşük doz sırasında alınan radyasyon dozu,Standart doz YRBT sırasında alınan doza göre yaklaşık %66.66 daha az olarak hesaplandı. Diğer bir deyişle standart dozu 120 kVp sabit tutarak (120kVp,180mAs) ,düşük doza (120kVp,60mAs) indirgemekle mAs değeri yaklaşık 2/3 oranında azalmıştır. Böylece hastanın aldığı doz da 2/3 oranında azalabileceği düşünülmektedir. (138,154).

Standart doz ve düşük dozun YRBT bulguları ve imaj kalitesi yönünden yaklaşık aynı görüntüler elde edildiğinden düşük dozun da bu işlemler için hastaların tanı ve takibinde standart doz kadar hassas ve etkili olduğunu söyleyebiliriz.

Yarar/zarar oranı karşılaştırıldığında; düşük doz YRBT çalışmalarında, hem hastanın aldığı radyasyon dozunun azalması hem de YRBT cihazının tüp ömrünün uzamasından dolayı düşük doz YRBT çalışmalarının yaygınlaşması gerekmektedir.(90)

7.KAYNAKLAR

- 1 ICRP. Recommendations of the International Commission on Radiological Protection (Publication 60). Oxford: Pergamon Pres,. 21 (1-3), 1991
- 2 Diederich S, Lenzen H, Radiation Exposure Associated with Imaging of the Chest. American Cancer Society,. 89:2483-4. 2000
- 3 Lenzen H, Roos N, Diederich S, Meier N.Dosimetry for low dose computed tomography of the chest(in German) .Radiology 36:483-8, 1997.
- 4 Geleijns J, van Unnik JG, Zoetelief J, Zweers D, Broerse JJ. Comparison of two methods for assessing patient dose from computed tomography .Br J Radiol 67:360-5, 1994.
- 5 Wade JP, Weyman JC, Goldstone KE. CT Standart protokols are of limited value in assessing actual patient dose. Br J Radiology 70:1146-51, 1997.
- 6 Karabulut N, Anyürek M. Low dose CT: practices and strategies of radiologists in university hospitals. Turkish Society of Radiology 12:3-8, 2006.
- 7 Naidich DP, Marshall CH, Gribbin C,Arams RS, McCauley DI Lowdose CT of the lungs: preliminary observations .Radiology 175:729-731, 1990.
- 8 Zwirewich CV, Mayo JR, Müller NL Low-dose high-resolution CT of lung parenchyma. Radiology 180:413-417, 1991.
- 9 Lee KS, Primack SL, Staples CA, Mayo JR, Aldrich JE, Müller NL Chronic infiltrative lung disease: comparison of diagnostic accuracies of radiography and low-and conventional-dose thin-section CT. Radiology 191:669-673, 1994.
- 10 Ambrosino MM, Genieser NB, Roche KJ, Kaul A, Lawrence RM Feasibility of high-resolution, low-dose chest CT in evaluating the pediatric chest. Pediatr Radiol 24:6-1011, 1994.
- 11 Rogalla P, Stover B, Scheer I, Juran R, Gaedicke G, Hamm B Lowdose spiral CT: applicability to paediatric chest imaging. Pediatr Radiol 29:565-569, 1994.
- 12 Mayo JR, Whittall KP, Leung AN et al Simulated dose reduction in conventional chest CT: validation study. Radiology 202:453-57, 1997.
- 13 Kaneko M, Eguchi K, Ohmatsu H, Kakinuma R, Naruke T, Suemasu K, Moriyama N Peripheral lung cancer: screening and detection with low-dose spiral CT versus radiography. Radiology 201:798-802,1996.
- 14 Rusinek H, Naidich DP, McGuinness G et al Pulmonary nodule detection: low-dose versus conventional CT. Radiology 209:243-249, 1998.
- 15 Zaporozhan J, Sebastian L, Weinheimer O, Eberhardt R, Tsakiris I, Noshi Y, Herth F, Kauczor H, PhD, Journal of Computer Assisted Tomography. 30(3):460-468, May/June 2006.
16. Xiaohua Z, Jianqun Y, Zheng H Low Dose Chest CT: Optimizing Radiation Protection for Patients. AJR: 183:809-816,2004.
17. Türктаş H, Türктаş İ. Astma. Ankara: Bozkır Matbaacılık, 1998: 27
18. Oğuz M. Toraksın bilgisayarlı tomografik kesitsel anatomisi Türk Radyoloji Dergisi1997; 32:206-214
19. Romagnoli M, Richeldi L, Fabbri LM. Diagnosis. Barnes P, Drazen J, Rennard J, Thomson N (eds). Asthma and COPD. Academic Pres, Amsterdam 2002;447-455.
20. Bousquet J, Jeffry PK, Buse WW, et al. Asthma. From bronchoconstriction to airways inflammation and remodelling. Am J Respir Crit Care Med 2001;163:1304-130

21. Weiss ST. Asthma: Epidemiology. In: Fishman A(ed), Fishman's Pulmonary Diseases and Disorders. McGraw-Hill 1998;735-743.
22. Ones U, Sapan N, Somer A, et al. Prevalence of childhood asthma in Istanbul, Turkey. *Allergy* 1997;52:570-578.
23. Selçuk ZT, Çağlar T, Enünlü T, et al. The prevalence of allergic diseases in primary school children in Edirne, Turkey. *Clin Exper Allergy* 1997;27:252-269.
24. Travis WD, Colby TV, Koss MN, et al. Obstructive pulmonary diseases. In: Atlas of non-tumor pathology, Nonneoplastic disorders of lower respiratory tract, 1st eds. Washington DC AFIP books 2002;10:457-471.
25. Pratt PC. Bronchial asthma. In: Saldana MJ (eds). Pathology of pulmonary disease. 3th ed. Philadelphia: JB Lippincott 1994;29:309- 316.
26. Maitra A, Kumar V. The lung and the upper respiratory tract. In Kumar V, Cotran RS, Robbins ST (eds). Pathologic Basis of Disease 7th eds. Philadelphia, London Toronto, Montreal, Sydney, Tokyo: W.B. Saunders 2003;13:455-583.
27. Schwartz RS. The new element in the mechanism of asthma. *N Eng J Med* 2002;346:857-862.
28. Djukanovic R, Roche WR, Wilson JW, et al. Mucosal inflammation in asthma. *Am Rev Respir Dis* 1990;142:434-457.
29. Jeffrey PK, Wardlaw AJ, Nelson FC. Bronchial biopsies in asthma. An ultrastructural, quantitative study, and correlation with hyperreactivity. *Am Rev Respir Dis* 1989;140(6):1745-1753.
30. Chetta A, Foresi A, Del Donno M, et al. Airways remodelling is a distinctive feature of asthma and is related to severity of disease. *Chest* 1997;111:852-857.
31. Chu HW, Halliday JL, Martin RJ, et al. Collagen deposition in large airways in large airways may not differentiate severe asthma from milder forms of disease. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;158:1936- 1944.
32. Carroll N, Elliot J, Morton A, et al. The structure of large and small airways in nonfatal and fatal asthma. *Am Rev Respir Dis* 1993;147:405-410.
33. Gemicioglu B. Bronş astımı: Erk M.ed. Göğüs Hastalıkları. 1st.ed. İstanbul. _Ü. Yayınları No 4297, 2001; 621-658
34. Kopelman GH, Meijer GG, Bleecker ER, et al. Genetics of asthma. Clark TJH, Godfrey S, Lee, TH, Thomson NC (eds) Asthma. Arnold, London, 2000;146-174.
35. Boushey HA, Cory DB, Fahy JV. Asthma. Murray JF, Nadel JA (eds). Textbook of Respiratory Medicine. WB Saunders Company, Philadelphia. 2000;1247-1289.
36. Miller S, Buse WW, Holgate ST. Cellular and mediator mechanisms of allergic inflammation. Holgate ST, Church MK, Lichtentein LM (eds). Allergy. Mosby, London 2001;337-352.
37. Barnes PJ, Djukanovic R, Holgate ST. Pathogenesis of asthma. Gibson GJ, Geddes DM, Costabel V, Sterk PJ, Corrin B (eds). Respiratory Medicine. WB Saunders, Edinburgh 2003;1212-1264.
38. Synopsis of Diseases of the Chest 3.türkçe 2006 baskısı sayfa 648 Güneş kitap evi Ltd.Şti)
39. Rabe KF, Munuz NM, Vita AJ, et al. Contraction of human bronchial smooth muscle caused by activated human eosinophils. *Am J Physiol* 1994;267:326-364.
40. Lee TH, Hawrylowicz CM. Inflammatory mediators and cytokines in asthma. Clark TJH, Godfrey S, Lee, TH, Thomson NC (eds) Asthma. Arnold, London, 2000;128-145.

41. Abbas AK, Lichtman AH. Cellular and Molecular Immunology, 5. th. Ed. Saunders, 243,2003
42. Eliot M, Adams L, Cockcroft A. The language of breathlessness. *Am Rev Respir Dis* 1991;144:826-832.
43. Johnson D, Osborn LM. Cough variant asthma : a review of clinical literature. *J Asthma* 1991;28:85-90.
44. Quackenboss JJ, Lebowitz MD, Krzyzanowski M. The normal range of diurnal changes in peak expiratory flow rates. Relationship to symptoms and respiratory disease. *Am Rev Respir Dis* 1991;143:323-330.
45. Global Initiative for Asthma (GINA). Global strategy for asthma management and prevention. NHLB/WHO workshop report. National Institutes of Health. National Heart, Lung, and Blood Institute. Publication No: 02-3659, Revised 2002.
46. Paganin F, Trussard V, Seneterre E, et al. Chest radiography and HRCT of the lungs in asthma. *Am Rev Res Dis* 1992;146:1084-1087.
47. Hansell DM. Diseases of the airways. In: Armstrong P, Wilson AG, Dee P, Hansell DM. *Imaging of the diseases of the chest*. 3rd ed. London: Mosby 2000:(16) 893-948.
48. Kinsella M, Müller NL, Staples C, et al. Hyperinflation in asthma and emphysema; assessment by pulmonary function testing and CT. *Chest* 1988;94:286-289.
49. Mochizuki T, Nakajima H, Kokubu F, et al. Evaluation of emphysema in patients with reversible airway obstruction using HRCT. *Chest* 1997;112:1522-1526.
50. Hadson CJ, Trickey SE. Bronchial wall thickness in asthma. *Clin Radiol* 1960;11:183-191.
51. Lynch DA, Newell JD, Tschomper BA, et al. Uncomplicated asthma in adults; comparasion of allergic bronchopulmonary aspergillosis. 1989;29:228-231.
52. Laurent F, Latrabe V, Reherison C, et al. Functioanl significance of air trapping detected in moderate asthma. *Eur Radiol* 2000;10:1404-1410.
53. Okazawa M, Müller NL, McNamara AE, et al. Human airway narrowing measured using high resolution computed tomography. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;154:1557-1562.
54. Goldin JG, McNitt-gray MF, Sorenson SM, et al. Airway hyperreactivity: assessment with helicalthin-section CT. *Radiology* 1998;208:321-329.
55. Louis R, Lau LC, Bron AO, et al. The relationship between airways inflammation and asthma severity. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:9-16.
56. Lim S, Jatakanon A, John M, et al. Effect of inhaled budesonide on lung function and airway inflammation. Assessment by various inflammatory markers in mild asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 1999;159(1):22-30.
57. Bayram H. Havayolu inflamasyonunun degerlendirilmesi. In:Mirici AN, Yıldız F (eds). *Göğüs Hastalıklarında Tanı Yöntemleri-2*. Turgut Yayıncılık ve Ticaret A.S., İstanbul, 2003;137-174.
58. Vignola MA, Bousquet J, Chanez P, et al. Assessment of airway inflammation in asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 1998;157:S184-187.
59. Çokugras H, Akçakaya N, Seçkin A, et al. Ultrastructural examination of bronchial biopsy specimens from children with moderate asthma. *Thorax* 2001;56(1):25-29.
60. Adelroth E. How to measure airway inflammation: bronchoalveolar lavage and airway biopsies. *Can Repir J* 1998;Suppl A:18A-21A.
61. de Blij J, Tillie-Leblond I, Tonnel AB, et al. Difficult asthma in children: an analysis of airway inflammation. *Allergy Clin Immunol* 2004;113(1):94-100.

62. Boulet LP, Turcotte H, Laviolette M, et al. Airway hyperresponsiveness, inflammation and subepithelial collagen deposition in recently diagnosed versus long standing mild asthma. Influence of inhaled corticosteroids *Am J Respir Crit Care Med* 2000;162(4 Pt 1):1308-1313.
63. Gibson Pg, Saltos N, Borgas T. Airway mast cell and eosinophile correlate with clinical severity and airway hyperresponsiveness in corticosteroid-treated asthma. *J AllergyClin Immunol* 2000;105(4):752-759.
64. Bousquet J, Chanez P, Lacoste JY, et al. Eosinophilic inflammation in asthma. *N Eng J Med* 1990;323:1033-1039.
65. Kelly EA, Buse WW, Jarjour NN. Inhaled budesonide decreases airway inflammatory response to allergen. *Am J Respir Crit Care Med* 2000;162 (3 Pt 1):883-890.
66. Ward C, Pais M, Bish R. Airway inflammation, basement membrane thickening and bronchial hyperresponsiveness in asthma. *Thorax* 2002;57(4):309-316.
67. Kraft M, Martin RJ, Lazarus SC, et al. Airway tissue mast cells in persistent asthma: predictor of treatment failure when patients discontinue inhaled corticosteroids. *Chest* 2003;124(1):42-50.
68. Pizzichini PMM, Popov TA, Efthimiadis A, et al. Spontaneous and induced sputum to measure indices of airway inflammation in asthma. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;154:866-869.
69. Pavord ID, Brightling CE, Woltmann G, et al. Noneosinophilic corticosteroid unresponsive asthma. *Lancet* 1999;353:2213-2214.
70. Van rensen ELJ, Straathof KCM, Veselic-Charvat MA, et al. Effect of inhaled steroids on airway responsiveness, sputum eosinophils, and exhaled nitric oxide levels in patients with asthma. *Thorax* 1999;54:403-408.
71. Warke TJ, Fitch PS, Brown V, et al. Exhaled nitric oxide correlates with airway eosinophils in childhood asthma. *Thorax* 2000;57(5):383-387.
72. Türktas H, Oguzülgen K, Köktürk N, et al. Correlation of exhaled nitric oxide levels and airway inflammation markers in stable asthmatic patients. *J Asthma* 2003;40(4):425-430.
73. Paredi P, Leckie MJ, Horwath I, et al. Changes in exhaled carbon monoxide and nitric oxide levels following allergen challenge in patients with asthma. *Eur respir J* 1999;13:48-52.
74. KOAH tanılı hastalarda ekspiratuvar YRBT ve solunum fonksiyon testlerinin korelasyonu(uzmanlık tezi) Dr. Abdulkadir doğru tez yöneticisi Doç. Dr. Hasan Nazaroğlu Diyarbakır -2006 sayfa 11-15,23
75. Tıbbi görüntüleme fiziği Prof.Dr Orhan OYAR ve Prof.Dr Ufuk K.GÜLSOY sayfa 253 Timasat Basım sanayi-ANKARA Baskı Rekmay Ltd.Şti.2003
76. Boulet LP, Belanger M, Carrier G. Airway responsiveness and bronchial-wall thickness in asthma with or without fixed airflow obstruction. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152:865-871.
77. Paganin F, Seneterre E, Chanez P, et al. Computed tomography of the lungs in asthma: influence of disease severity and etiology. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;153:110-114.
78. Awadh N, Müller NL, Park CS, et al. Airway wall thickness in patients with near fatal asthma and control groups: assessment with high resolution computed tomographic scanning. *Thorax* 1998;53:248-253.
79. Kim JS, Müller NL, Park CS, et al. Broncho-arterial ratio on thinsection CT: comparison between high altitude and sea level. *J Comput Assist Tomogr* 1997;21:306-311.

80. Hansell DM, Rubens MB, Padley SP, et al. Obliterative bronchiolitis: individual CT signs of small airways disease and functional correlation. *Radiology*. 1997 Jun;203(3):721-6.
81. Abbas AK, Lichtman AH. *Cellular and Molecular Immunology*, 5. th. Ed. Saunders, 243,2003
82. Bluemke AD, Fishman EK. Spiral CT of the liver. *AJR* 1993; 160: 787-792.
83. Çelik E. Üreter taşlarında kontrastsız spiral BT'nin tanı değeri. *Uzmanlık Tezi*, Isparta,2001
84. Kalender WA, Polacin A. Physical performance characteristics of spiral scanning. *Med Phys* 1991; 18: 910-915.
85. Spencer BA, Wood BJ, Dretler SP. Helical CT and ureteral colic. *Urol Clin N Am* 2000; 27:231-241.
86. Tıbbi görüntüleme fiziği Prof.Dr Orhan OYAR ve Prof.Dr Ufuk K.GÜLSOY Timasat Basım sanayi-ANKARA Baskı Rekmay Ltd.Şti.2003- sayfa 254
87. Bluemke AD, Fishman EK. Spiral CT of the liver. *AJR* 1993; 160: 787-792.
88. Polacin A, Kalender WA, Marchal G. Evaluation of section sensitivity profiles and image noise in spiral CT: *Radiology* 1992; 185:29-35.
89. Zeman RK, Fox SH, Silverman PM, Davros WJ, Carter LM, Griego D, Weltman DI, Ascher SM, Cooper CJ. Helical (spiral) CT of the abdomen. *AJR* 1993; 160:719-725.
90. Üreter taşı hastalarda düşük doz helikal bt incelemesi Pamukkale üniversitesi radyoloji ABD Denizli 2005 sayfa 13,14 ,17 Dr Duygu HEREK Uzmanlık Tezi
91. Karla MK, Prasad S, Saini S, Blake MA, Varghese J, Halpern EF, Rhea JT, Thrall JH. Clinical comparison of standart-dose and 50% reduced-dose abdominal CT:effect on image quality. *AJR* 2002; 179:1101-1106.
92. Barnes GT, Lakshminarayanan AV. Conventional and spiral computed tomography.Physical principles and image quality considerations. In: Lee JKT, Sagel SS, Stanley RJ, Heiken JP, eds. *Computed body tomography with MRI correlation*. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 1998:1-20.
93. Brink JA, Heiken JP, Balfe DM, Sagel SS, Disroce J, Vannire MW. Spiral CT:decreased spatial resolution in vivo due to broadening of section sensitivity profile. *Radiology* 1992; 185:469-474.
94. Foley WD. Dynamic hepatic CT. *Radiology* 1989; 170:617-622.
95. Crawford CR, King KF. Computed tomography scanning with simultaneous patient traslation . *Medical Physics* 1990; 17:967-982.
96. Brink JA, Vannier MW, Heiken JP, Kalender WA, Yoffie RI, Brunsten BS. Abdominal spiral CT: effect of interpolation algorithm, collimation, and zoom on effective section thickness and noise. *Radiology* 1992; 185:126.
97. Heiken JP, Brink JA, Vannier MW. Spiral (helical) CT. *Radiology* 1993; 189:647-656.
98. Imhof H, Schibany N, Ba-Ssalamah A, Czerny C, Hojreh A, Kainberger F, Krestan C, Kudler H, Nöbauer I, Nowotny R. Spiral CT and radiation dose. *Eur J Radiol* 2003; 47:29-37
99. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiaton (UNSCEAR). Sources and effects of ionizing radiation: UNSCEAR 119 reports. New York:United Nations, 1993:922
100. Bahador B. Trends in diagnostic imaging to 2000. London: Financial Times Pharmaceuticals and Healthcare Publishing, 1996:1
101. McCollough CH, Zink FE. Perfromance evaluation of a multi-slice CT system. *Med*

- Phys 1999; 26:2223-2230.
102. Paterson A, Fruh DP, Donnelly LF. Helical CT of the body: are settings adjusted for pediatric patients? *AJR* 2001; 176:297-301.
 103. Rehani MM, Berry M. Radiation doses in computed tomography: the increasing doses of radiation need to be controlled. *BMJ* 2000; 320:593-594.
 104. Mipem TC, Meagher T, Wainwright A. Good practice or good luck? Prolonged CT tube life and low dose protocols. *Clin Radiol*. 2002; 57:431
 105. Henkelman RM. Increased CT tube life. *J Comput Assist Tomogr* 1981; 5: 142-143.
 106. Rusinek H, Naidich DP, McGuinness G, Leitman BS, McCauley DI, Krinsky GA, Clayton K, Cohen H. Pulmonary nodule detection: low-dose versus conventional CT. *Radiology* 1998; 209:243-249.
 107. Marmolya Gi Wiesen EJ, Yagan R, Haria CD, Shah AC. Paranasal sinuses: low-dose CT. *Radiology* 1991; 181:689-691.
 108. Husstedt HW, Prokop M, Dietrich B, Beckar H. Low-dose high-resolution CT of the petrous bone. *J Neuroradiol* 2000; 27:87-92.
 109. Cohnen M, Fischer H, Hamacher J, Lins E, Kotter R, Modder U. CT of the head by use of reduced current and kilovoltage: relationship between image quality and dose reduction. *AJRNR* 2000; 21: 1654-1660.
 110. Sohaib SA, Peppercorn PD, Horrocks JA, Kene MH, Kenyon GS, Reznick RH. The effect of decreasing mAs on image quality and patient dose in sinus CT. *Br J Radiol* 2001
 111. Vade A, Demos TC, Olson MC, Subbaiah P, Turbin RC, Vickery K, Corrigan K. Evaluation of image quality using 1:1 pitch and 1.5:1 pitch helical CT in children: a comparative study. *Pediatr Radiol* 1996; 26:891-893.
 112. Diel J, Perlmutter S, Venkataramanan N, Mueller R, Lane MJ, Katz DS. Unenhanced helical CT using increased pitch for suspected renal colic: an effective technique for radiation dose reduction? *J Comput Assist Tomogr* 2000; 24:795-801.
 113. Dawson P, Morgan J. The meaning and significance of the equilibrium phase in enhanced computed tomography of the liver. *Br J Radiol* 1999; 72:438-442.
 114. Haaga JR. Radiation dose management: weighing risk versus benefit. *AJR* 2001; 177:289-291.
 115. Haaga JR, Miraldi F, MacIntyre W, LiPurna JP, Bryan PJ, Wiesen E. The effect of mAs variation upon computed tomography image quality as evaluated by in vivo and in vitro studies. *Radiology* 1981; 138:449-454.
 116. Shope TB, Gagne RM, Johnson GC. A method for describing the doses delivered by transmission X-ray computed tomography. *Med Phys* 1981; 8:488-495.
 117. Jessen KA, Shrimpton PC, Geleijns J, Panzer W, Tosi G. Dosimetry for optimization of patient protection in computed tomography. *Appl Radiat Isot*; 50:165-172, 1999.
 118. Palma LD, Pozzi-Mucelli R, Stacul F. Present-day imaging of patients with renal colic. *Eur Radiol* 2001; 11:4-17.
 119. Stamm G, Nagel HD. CT-expo-a novel program for dose evaluation in CT. *RofO* 2002;174:1570-1576.
 120. Mayo JR, Webb WR, Gould R et al: High-resolution CT of the lungs : an optimal approach. *Radiology*. 1987;163:507-510
 121. Zwirer CV, Mayo JR, Müller NL: Low dose high-resolution CT of lung parenchyma. *Radiology* 1991;180:413-417

122. Bessis L, Callard P, Gotheil C, Biaggi A, Grenier P : High-resolution CT of parenchymal lung disease; precise correlation with histologic findings. *Radiographics* 1992;12:45-58
123. Knudson RJ, Standen JR, Kaltenborn WT et al: Expiratory Computed tomography for assesmant of suspected pulmonary emphysema *Chest* 1991; 99:1357-1366
124. Marti-Bonmati L, Ruiz Perales F, Catala F, Mata JM, Calonge E: CT findings in Swyer-James syndrome. *Radiology* 1989 ;172:477-480
125. Moore AD, Godwin JD, Dietrich PA, Verschakelen JA, Henderson WR Jr: Swyer-James syndrome CT findings in eight patients. *AJR* 1992;158:1211-1215
126. Stern EJ, Webb WR, Golden JA, Gamsu G: Cystic lung disease associated with eosinophilic granuloma and tuberous sclerosis: air trapping at dynamic ultrafast high resolution CT. *Radiology* 1992;182:325-329
127. Stern EJ, Graham CM, Webb WR, Gamsu G: Normal trachea durring forced expiration: dynamic CT measurments. *Radiology* 1993;187:27-31
128. Stern EJ, Webb WR, Gamsu G. Dynamic quantitative computed tomography: a predictor of pulmonary function in chronic obstructive lung disease. *Invest Radiol* 1994;29:564-569
129. Ozer C, Duce MN, Ulubas B et al: Inspiratory and expiratory HRCT findings in Behçet's disease and correlation with pulmonary function tests. *Eur J Radiol.* 2005;56:43-47
130. Kalender WA, Rienmuller R, Seissler W, Behr J, Welke M, Fichte H: Measurments of pulmonary parenchymal attenuation: use of spirometric gating with quantitative CT. *Radiology* 1990;175:265-268
131. Kalender WA, Fichte H, Bautz W, Skalej M: Semiautomatic evaluation procedurs for quantitative CT of the lung. *J Comput Asist Tomogr* 1991;15:248-255
132. Stern EJ, Webb WR, Warnock ML, Salmon CJ: Bronchopulmonary sequestration: dynamic, ultrafast, high-resolution CT evidence of air trapping. *AJR* 1991;157:947-949
133. Verschakelen JA, Van Fraeyenhoven L, Laureys G, Demedts M, Baert AL: Differences in CT density between dependent and nondependent portions of lung: influence of lung volume. *AJR* 1993;161:713-717
134. Prasad SR, Wittram C, Shepard JA et al. Standart dose and %50 reduced dose chest CT: Comparing the effect on image quality. *AJR* 179; 461-465, 2002.
135. Karabulut N, Toru M, Gelebek V, Gtilstin M, Ariyiirek M. Comparison of low dose and Standart dose helical CT in the evaluation of pulmonary nodules. *Eur Radiol:* 12;2764-2769, 2002.
136. Boulet L, Belanger M, Carrier G. Airway responsiveness and brochial-wall thickness in asthma with or without fixed airflow obstruction. *Am J Respir Crit Care Med* 1995;152:865-71
137. Diederich S, Lenzen H, Windmann R, et al. Pulmonary nodules: experimental and clinical studies at low-dose CT. *Radiology*;213:289-298, 1999
138. Fırsatçı infeksiyonların tanı ve takibinde düşük doz toraks BT'nin kullanılabilirliğinin ve tanısıl açıdan etkinliğinin araştırılması. Dr. Aslı Topsakal uzmanlık tezi marmara üniversitesi tıp fakültesi radyodiagnostik A.B.D danışman Prof. Dr. Mehmet Nihat Kod Allı istanbul-2006 Sayfa 36
139. Slovis TL. Children computed tomography radiation dose, and the As Low As Reasonably Achievable (ALARA) consept. *Pediatrics*:l 12:971-972, 2003.
140. Awadh N, Müller NL, Park CS, et al. Airway wall thickness in patients with near fatal asthma and control groups: Assessment with high resolution computed tomographic

- scanning. Thorax 1998; 53: 248-53.
141. Paganin F, Trussard V, Seneterre E, et al. Chest radiography and high resolution computed tomography of the Lungs in asthma. Am Rev Respir Dis 1992; 146: 1084-7.
142. Lynch DA, Newell JD, Tschomper BA, et al. Uncomplicated asthma in adults: Comparison of CT appearance of the lungs in asthmatic and healthy subjects. Radiology 1993; 188: 829-33
143. Mclean AN, Sproule MW, Cowan MD, Thomson NC. High resolution computed tomography in asthma. Thorax 1998; 53: 308-14.
144. Grenier P, Mourey-Gerosa I, Benali K, et al. Abnormalities of the lung and lung parenchyma in asthmatics: CT observations in 50 patients and inter-and intraobserver variability. Eur Radiol 1996; 6: 199-206.
145. Alexander A. Bankier ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada Air Trapping: Comparison of Standard-Dose and Simulated Low-Dose Thin-Section CT Techniques1 RSNA 2007 *Radiology*: Volume 242: Number 3—March 2007
146. Javier Lucaya ve arkadaşlarının yaptığı bir çalışmada Low-Dose High-Resolution CT of the Chest in Children and Young Adults: Dose, Cooperation, Artifact Incidence, and Image Quality . AJR:175, October 2000
147. Arzu Y. ve arkadaşlarının yapmış oldukları Astımlı Olgularda Yüksek Rezolüsyonlu Bilgisayarlı Tomografi Bulguları Çalışması; Celal Bayar Üniversitesi Tıp Fakültesi Göğüs Hastalıkları ve Radyoloji Anabilim Dalı ortak çalışması, Manisa Tüberküloz ve Toraks dergisi 2003;51(1):5-10 sayfa Bilimsel Makale çalışması
148. Mustonen S, Ala-Houhala IO, Vehkalahti P, Laippala P, Tammela TLJ. Kidney ultrasound and doppler ultrasound findings during and after acute urinary retention. Eur J Ultrasound 2001; 12:189-196.
149. Astımlı olgularda İnflamasyon takibinde yüksek rezolüsyonlu bilgisayarlı tomografinin yerinin ve lökotrien reseptör antagonistlerinin İnflamasyona olan etkisinin değerlendirilmesi tezi, Celal Bayar üniversitesi tıp fakültesi göğüs hastalıkları ABD Manisa Dr. Yavuz Havlucu Uzmanlık Tezi, 2006 sayfa 28-29
150. Parry R. A., Glaze S. A., Archer B. R. Typical patient radiation doses in diagnostic radiology: Radiographics 1999; 19:1289-1302
151. Bushong S. G. Radiologic science for technologists 5th edition: Mosby 1993; 407-428
152. Colshner J. G., Pelc N. J. Computerized tomography systems and performance: Taveras J. M. Lippincot 1987 vol. 1/11:412-69
153. Klinik Radyoloji Uludağ Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji ABD Prof. Dr. Ercan TUNCEL 2008 baskı sayfa 29
154. Temel radyoloji tekniği 3. baskı; Eskişehir Üniversitesi Tıp Fakültesi Radyoloji ABD Prof. Dr. Tamer KAYA 1997 baskı sayfa 27-28