

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
RADYODİAGNOSTİK ANABİLİM DALI**

**TAVŞANLARDA OLUŞTURULAN DENEYSEL AKUT APANDİSİT
MODELİNDE FARKLI DÜŞÜK DOZ BT PROTOKOLLERİNİN TANISAL
ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ**

UZMANLIK TEZİ

DR. MEHMET ŞENGÜL

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. NEVZAT KARABULUT

DENİZLİ 2009

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ
RADYODİAGNOSTİK ANABİLİM DALI

TAVŞANLARDA OLUŞTURULAN DENEYSEL AKUT
APANDİSİT MODELİNDE FARKLI DÜŞÜK DOZ BT
PROTOKOLLERİNİN TANISAL ETKİNLİĞİNİN
DEĞERLENDİRİLMESİ

UZMANLIK TEZİ

DR. MEHMET ŞENGÜL

TEZ DANIŞMANI

PROF. DR. NEVZAT KARABULUT

DENİZLİ 2009

Prof.Dr.Nevzat KARABULUT danışmanlığında Dr. Mehmet ŞENGÜL tarafından yapılan “Tavşanlarda Oluşturulan Deneysel Akut Apandisit Modelinde Farklı Düşük Doz BT Protokollerinin Tanısal Etkinliğinin Değerlendirilmesi” başlıklı çalışma jürimiz tarafından Radyoloji Anabilim Dalı UZMANLIK TEZİ olarak kabul edilmiştir.

BAŞKAN Prof.Dr.Nuran SABİR AKKOYUNLU

ÜYE Prof. Dr. Nevzat KARABULUT

ÜYE Yrd.Doç.Dr.Yılmaz KIROĞLU

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

13.01.2010

Prof. Dr. Zafer AYBEK
Dekan

T.C.

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
TIP FAKÜLTESİ DEKANI

TEŐEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince ve tez çalıőmalarımnda destek ve yardımlarını esirgemeyen, bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım baőta tez danıőmanım Sn. Prof. Dr. Nevzat Karabulut olmak üzere Sn. Prof. Dr. Nuran Sabir Akkoyunlu, Sn. Doç. Dr. Ahmet Baki Yağcı, Sn. Yrd. Doç. Dr. Yılmaz Kıroğlu'na, tez çalışmasında cerrahi iőlemleri gerçekleőtiren Sn. Doç. Dr. Özkan Herek'e, histopatolojik incelemeleri gerçekleőtiren Sn. Doç. Dr. Metin Akbulut'a sonsuz teőekkür eder ve saygılarımı sunarım.

Ayrıca asistanlığım süresince benden desteğini esirgemeyen tüm Radyodiagnostik Ana Bilim Dalı öğretim üyelerine, asistan arkadaşlarıma, teknisyen arkadaşlarıma ve deneysel çalıőmalarımnda yardımcı olan Deney Hayvanları Laboratuvarından Veteriner Hekim Barbaros őahin'e teőekkür ederim.

Varlığı ile bana güç veren kızım Canan'a, manevi desteğini eksik etmeyen anne ve babama őükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
GİRİŞ	1
GENEL BİLGİLER.....	2
APENDİKSİN ANATOMİ VE HİSTOEMBRYOLOJİSİ.....	2
APENDİKS HASTALIKLARI.....	4
AKUT APANDİSİT.....	4
AKUT APANDİSİTTE KLİNİK BELİRTİLER VE LABORATUVAR BULGULARI.....	6
AKUT APANDİSİTTE RADYOLOJİK TANI YÖNTEMLERİ.....	8
HELİKAL (SİRAL) BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ	11
NORMAL APENDİKSİN BT GÖRÜNÜMÜ	13
HELİKAL VE ÇOK KESİTLİ BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ FİZİĞİ	14
DÜŞÜK DOZ BT UYGULAMALARI.....	19
GEREÇ VE YÖNTEM.....	21
ÇALIŞMA GRUBU.....	21
DENEYSEL AKUT APANDİSİTİN OLUŞTURULMASI.....	21
ÇKBT TARAMA PROTOKOLLERİ.....	24
BT GÖRÜNTÜLERİNİN YORUMLANMASI.....	24
HİSTOPATOLOJİK İNCELEME.....	25
İSTATİSTİKSEL ANALİZ.....	26
BULGULAR.....	27
TARTIŞMA.....	41
SONUÇLAR.....	53
ÖZET.....	55
YABANCI DİL ÖZETİ.....	57
KAYNAKLAR.....	59

TABLolar ÇİZELGESİ

	Sayfa No
Tablo-1 Deneysel çalışmada kullanılan tavşanların ağırlıkları, abdomen ölçümleri.....	27
Tablo-2 Normal apendiksli tavşanlarda farklı doz protokollerinde BT görüntü kalitesi.....	28
Tablo-3 Apendisitli tavşanlarda farklı doz protokollerinde BT görüntü kalitesi.....	30
Tablo-4 Tavşanlarda değişik BT doz protokollerinde normal apendiksin görülmesi.....	31
Tablo-5 Tavşanlarda değişik BT doz protokollerinde apandisit görülmesi.....	31
Tablo-6 BT'de normal apendiks ve apandisit görülmesini etkileyen faktörler.....	32
Tablo-7 Normal apendiksli ve deneysel apandisitli tavşanların apendiks lümen içerikleri.....	34
Tablo-8 Apendisit tanısında DDBT protokollerinin tanısal performansı.....	37
Tablo-9 DDBT doz protokollerinin patoloji sonucuna göre tanısal performansları.....	38
Tablo-10 BT'de farklı doz protokollerinde gürültü ve CNR değerleri.....	40
Tablo-11 Literatürdeki benzer çalışmaları karşılaştırma.....	50

RESİMLER ÇİZELGESİ

	Sayfa No
Resim-1 Tavşanda apendiksin ortasından çift bağlanarak deneysel akut apandisit modelinin oluşturulması.....	23
Resim-2 Deneysel apandisit modelinde görüntü kalitesi.....	29
Resim-3 Apandisitte apandikolit görünümleri.....	34
Resim-4 Akut apandisitte periapendiksyel yağ dokusunda kirlenme, apandektomi spesimeni ve histopatolojik görünümü	35
Resim-5 Normal apendiks ve deneysel apandisitte lümeni içerikleri.....	36

ŞEKİLLER ÇİZELGESİ

	Sayfa No
Şekil-1 Laboratuvar tavşanının gastrointestinal sisteminin diyagramatik gösterimi.....	22
Şekil-2 Dört farklı DDBT doz protokolünde apandisit tanısı ile patolojik tanıların karşılaştırıldığı ROC eğrisi.....	39

KISALTMALAR ÇİZELGESİ

KISALTMA AÇIKLAMA

ALARA	As Low As Reasonably Achievable
BT	Bilgisayarlı Tomografi
CDTI	Bilgisayarlı Tomografi Doz İndeksi
CDTI_c	Merkezdeki Bilgisayarlı Tomografi Doz İndeksi
CDTI_p	Periferdeki Bilgisayarlı Tomografi Doz İndeksi
CDTI_{vol}	Hacimsel Bilgisayarlı Tomografi Doz İndeksi
CDTI_w	Ağırlıklı Bilgisayarlı Tomografi Doz İndeksi
CNR	Kontrast gürültü oranı
ÇKBT	Çok Kesitli Bilgisayarlı Tomografi
D	Doz
DDBT	Düşük doz BT
DLP	Dose Length Product
d_z	İntegral mesafesi
EMN	Enfeksiyöz Mono Nükleoz
ex	ölmek
HMPAO	Heksametil propilamin oksim
IL	Illinois
IM	intramusküler
In-111	İndiyum-111
IV	intravenöz
κ	Kappa değeri
kV	kilovolt
kVp	kilovolt zirve değeri
L	Tarama uzunluğu

LDCT	Low dose CT
mAs	miliamper saniye
mGy	miligray
MHz	Megahertz
MIP	Maksimum intensite projeksiyon
MRG	Manyetik Rezonans Görüntüleme
NPD	Negatif prediktif değer
PPD	Pozitif prediktif değer
r	Spearman rho değeri
RDUS	Renkli Doppler Ultrasonografi
ROC	Receiver Operating Characteristics
ROI	“Region of interest”, homojen inceleme alanı
SD	Standart sapma
SDBT	Standart doz BT
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
T	Nominal kesit kalınlığı
Tc-99m	Teknesyum-99m
US	Ultrasonografi

GİRİŞ

Akut apandisit en sık laparotomi gerektiren akut karın ağrısı nedenidir. Apandisitli hastaların, %50'sinde laboratuvar testleri veya klinik muayene bulguları yetersiz olup, doğurganlık çağındaki genç kadınlarda %35-45'e varan negatif laparotomiye sebep olmaktadır (1). Apendiksi değerlendirmede ultrason, tipik sınırlamalarına karşın ilk ve en sık kullanılan modalitedir. Ultrasonun yetersiz kaldığı, atipik klinik bulguları olan hastalarda ek tetkik olarak Bilgisayarlı Tomografi (BT) önerilmektedir (2-4). Çok Kesitli BT (ÇKBT) cihazlarının geliştirilmesi ile geniş tarama alanları, yüksek rezolüsyonda, hızlı şekilde taranabilmektedir. Ancak radyasyon maruziyeti BT'nin rutin kullanımında çekince oluşturmaktadır. İyonizan radyasyonun etkisini azaltmak için özellikle çocuklarda ve gençlerde düşük doz BT protokolleri kullanımı önerilmektedir (5).

ÇKBT'nin akut apandisit değerlendirmesindeki tanısal doğruluğu, avantajları ve kısıtlamaları konusunda literatürde sınırlı sayıda çalışma vardır (6). Çocuklarda en uygun dozdaki ÇKBT protokolünü oluşturmak için seri ÇKBT çekimleri gerekmekte, bu da sağlık açısından ve etik yönden problem teşkil etmektedir.

Yapay fantomlar statik bir ortam yarattıklarından, olgular arası farkları ve dinamik değişiklikleri gözlemlemek amacı ile biyolojik modeller tercih edilmektedir. İnsan ve primatların yanında yalnızca tavşan vermiform apendiksi olan memelidir. Tavşan, bazı kısıtlamaları olsa da, değişik doz protokollerinde görüntü kalitesindeki değişiklikleri çalışmak için uygun bir modeldir (7).

Bu çalışmanın amacı tavşan modelinde oluşturulan deneysel akut apandisitinin iki ayrı zaman periyodundaki morfolojik değişikliklerini, farklı düşük doz BT protokolleri ile değerlendirerek, görüntü kalitesini ve değişik dozlardaki ÇKBT'nin tanısal etkinliğini belirlemektir.

GENEL BİLGİLER

APANDİSİN ANATOMİ VE HİSTOEMBRYOLOJİSİ

Apendiks vermiformis çekal divertikül olarak bilinen primordiyal yapıdan köken alır. Çekumun distalinde 3 tenya kolinin sonlandığı alanda yer alır. Apendiks taslağı fetal yaşamın 6. haftasında belirir. Apendiks fetal dönemde başlangıçta küçük bir çekal divertikül iken, uzunluğu hızla artarak doğumda solucan şekilli oldukça uzun ve kör sonlanan bir tüp halini alır (8,9).

Apendiks vermiformis çekumun arka iç yanında ileoçekal valvin yaklaşık 2,5 cm aşağısından çıkar. Apendiks tam agenezden 30 cm uzunluğa kadar değişen boyutta olmakla birlikte, genelde 5- 10 cm uzunluktadır. Ortalama çapı 5- 10 mm'dir. Terminal ileumun çekuma açıldığı ostium ileoçekalisin 2- 2.5 cm aşağısında ve arkasındaki deliğe "ostium apendicis vermiformis" adı verilir. Ostium apendicis vermiformiste mukoza katlantısı olan valvula processus (Gerlach kapağı) bulunur (8, 10).

Apendiksin çeşitli pozisyonları; parakolik (apendiksin çekumun lateralinde sağ parakolik uzanımı), retroçekal (apendiksin çekumun posteriorunda bazen tamamı retroperitoneal uzanımı), preileal (apendiksin terminal ileumun anteriorunda olması), postileal (apendiksin terminal ileumun posteriorunda olması), promontorik (apendiksin ucunun sakral promontoryuma doğru uzanması), pelvik (apendiksin ucunun pelvise doğru uzanması) ve subçekal (apendiksin çekumun inferioruna uzanması) olarak sıralanabilir (8).

Apendiks mezenteri terminal ileumun arkasından, ince bağırsak mezenterinin alt yaprağının devamı olarak geçer. Apandiküler arter, mezoapendiksten süperior mezenterik arterden gelen ileokolik arterin dalı olarak devam eder. Sağ kolik arterin posterior çekal dalından orijin alan bir aksesuar apendiksyel arter de bulunabilir. Apendiks veni sırasıyla ileokolik vene ve süperior mezenterik vene drene olur. Apendiksin lenfatik drenajı ileoçekal lenf nodlarına olur. Apendiksin venöz ve lenfatik drenajı çekumu

taklit eder. Bu nedenle apendiksi drene eden lenf nodları ileokolik ve sağ kolik arterin dallandığı bölgede bulunur. Apendiksin sempatik inervasyonu, T10-L4 seviyesinden çıkan süperior mezenterik pleksus aracılığı ile olur. Nervus vagus parasempatik inervasyonu sağlar (9).

Apendiksin histolojik yapısı normal kolonun yapısına benzer görünümdedir. Mukoza, submukoza, muskularis propria ve seroza olmak üzere dört tabakadan oluşur.

A-Mukoza

Apendiks mukozası tek katlı yüzey epiteli, mukus hücreleri, absorbtif hücreler, membranöz veya M hücrelerinden oluşur. Bu yapı kriptaların ve intestinal glandların iini de aynı biçimde örter. Lamina propria migratuvar hücrelerden zengindir. Mukozanın en dış tabakası muskularis mukozadır ve ince bir fibromusküler banttandır (7).

B-Submukoza

Mukoza ile muskularis propria arasında yer alır. Kollajen, elastik lifler ve fibroblastlardan oluşur. Ayrıca makrofajlar, lenfoid ve plazma hücreleri, mast hücreleri ve yağ hücrelerini içerir. Arterioller, venüller, kapillerler ve lenfatik damarlar submukozanın ana elemanlarıdır. Nöral yapılar ve kısmen Meissner pleksusu da bu tabakadadır.

C-Muskularis propria

Muskularis propria, ite sirküler, dışta longitudinal olmak üzere iki ayrı tabakadan oluşmuştur. Düz kas hücreleri oval yapıdadır ve demetler oluşturur, iki kas tabakasının arasında daha önce anlatılan submukozal Meissner pleksusu ile benzer morfoloji ve fonksiyonda olan myenterik (Auerbach) pleksusu yer alır.

D-Subserozal bölge ve seroza

Kas tabakasının hemen dışında subserozal bölge bulunur. Zayıf bir bağ dokusu, lenfatikler, kan damarları ve sinir lifleri içerir. Seroza tek katlı kübik mezotelyal hücreler ve ince bir tabaka halindeki fibröz dokudan oluşur (9).

APENDİKS HASTALIKLARI

1. Akut apandisit
2. Apendiks tümörleri (Karsinoid tümör, mukosel, adenokarsinom)
3. Apendiks invajinasyonu

AKUT APANDİSİT

Akut apandisit, apendiks vermiformisin akut inflamasyonudur. Apendiks ilk olarak 1521’de doktor-anatomist Berengario DaCarpi tarafından tarif edildi. 1711’de Lorenz Heister apandisit ile uyumlu tanımlama yapmış, öğrencisi Boerhaave apseli gangrenöz apandisit perforasyonunu tarif etmiştir. Takip eden 100 yıl boyunca çeşitli apandisit tarifleri yapılmış olup, hepsinde ortak nokta yabancı cisimin varlığı ve obstrüksiyona veya perforasyona sebep olduğudur.

1886’da Reginald Heber Fitz, apandisit kliniğini ve apendiksin erken cerrahi çıkarılmasının önemini anlattığı “Perforating Inflammation of the Vermiform Appendix: With Special Reference to Its Early Diagnosis and Treatment” (Trans Assoc Am Physicians 1886; 1:107–144) adlı belgeyi sundu. 1889’da McBurney New York’ta geliştirdiği, adıyla anılan ve günümüzde yaygın kullanılan, erken operatif girişim ve kas-ayırıcı insizyon tekniğini tarif etti (8).

Akut apandisit, cerrahi girişim gerektiren, en sık akut karın ağrısı nedenidir. İnsanların hayat boyu apandisit olma riski %6-7 düzeyindedir. Apandisit 2. ve 3. dekatta zirve yapan gençlerin ve genç erişkinlerin primer hastalığıdır. Beş yaş altında çok nadir olup, 50’li yaşlarda apandisit riski erkekte 35’te 1 iken, kadında 50’de 1’dir. 70’li yaşlarda ise apandisit riski

100'de 1'den azdır. Akut apandisitinden etkilenmede erkek kadın oranı puberteye kadar eşittir, 10-20 yaş arasında 2:1 olup, ileriki yaş gruplarında tekrar eşitlenir (8, 11).

Etiyoloji

Akut apandisit oluşmasındaki etiyolojik faktörler 2 grupta toplanabilir.

I. Lümen obstrüksiyonu: Fekalit, lenfoid doku hiperplazisi, yabancı cisimler, barsak parazitleri, çekum ve apendiks tümörleri.

II. Obstrüksiyon dışı nedenler: Sistemik hastalıklar, fibrozis.

Fekalitler, akut apandisitli hastaların %11- 52'sinde, fekal materyal ve inorganik tuzların apendiks lümeninde yoğunlaşması şeklinde görülür (12). Folikül hiperplazisi, üst solunum yolları hastalıkları, enfeksiyöz mononükleoz (EMN) gibi genel lenfoid doku reaksiyonu yapan hastalıklar sırasında ortaya çıkar. Bunların dışında meyve çekirdekleri gibi yabancı cisimler, safra kesesi taşı, çekum ve apendiks tümörleri, parazitler ve kadınlarda meme kanseri metastazları da ender tıkanma nedeni olarak bildirilmiştir (11, 13).

Akut apandisit patofizyolojisi

Apendiksiyel obstrüksiyon oluştuktan sonra kapalı lümeninde mukus sekresyonunun devam etmesi intralüminal basıncın artmasına ve lüminal distansiyona sebep olur. Bu da T8-T10 seviyelerine giden viseral afferent spinal sinirleri uyararak, epigastrik ve periumblikal ağrıya neden olur. Bu hafif ve lokalize edilemeyen viseral ağrı 4-6 saat sürer. Apandisit kötüleştikçe iştahsızlık, bulantı ve kusma başlar. Artan intralüminal basınç kapiller perfüzyon basıncını aşarak venöz dolgunluğa, arteriyel konjesyon ve doku iskemisine neden olur. Epitelyal mukozal bariyer yetersizleşince, lüminal bakterilerin çoğalıp, apendiks duvarına invazyonu transmural enflamasyona sebep olur. Devam eden doku iskemisi apendiks enfarktına ve perforasyona neden olur. Enflamasyon parietal peritona ve terminal ileum, çekum, pelvik organları içine alan komşu yapılara uzanabilir. Hastalar bu dönemde ağrının sağ alt kadrana yer değiştirdiğini hissederler. Bu somatik ağrı önceki viseral

ağrıya göre devamlı ve daha keskindir. Eğer apandiks atipik yerleşimli ise, ağrının klasik yer değiştirmesi oluşmaz ve dokunmakla hassasiyet McBurney noktasından farklı olur (13).

Akut apandisitli hastalar genelde afebril ya da subfebrildir. Hastanın ateşi 38.3°C'yi aşarsa perforasyon düşünülmelidir. Eğer terminal ileum, çekum, omentum enflamasyonu çevrelerse ve periapendiksyel flegmon ya da apse meydana gelirse perforasyon oluşmaz. Abdominal kaviteye serbest perforasyon olursa peritonit gelişir (13).

AKUT APANDİSİTTE KLİNİK BELİRTİLER VE LABORATUVAR BULGULARI

Karın ağrısı akut apandisit primer semptomudur. Klasik olarak ağrı difüz olarak umbilikal bölgeden başlar, orta derecede sürekli iken 1 ila 12 saat içinde genelde 4-6 saatte ağrı sağ alt kadrana lokalize olur. Bazen ağrı sağ alt kadranda başlar ve orada kalır. Apandiksin yerleşim farklılıkları, ağrının somatik fazında lokalizasyon değişikliklerine neden olur. Uzun apandiksin enflame ucu sol alt kadrana ağrısına, retroçekal apandiks yan ağrısına, pelvik apandiks suprapubik ağrıya, retroileal apandiks iltihabında spermatik arter ve üreter irritasyonundan dolayı testiküler ağrıya neden olur. Karın ağrısının viseral fazı normal yerleşimde hissedilirken, somatik fazı rotasyonda çekumun abdomende aldığı pozisyonda hissedilir.

Apandisitte iştahsızlık her zaman vardır. Bulantı ve kusma hastaların %75'inde görülür, nöral uyarıma ve ileus varlığına bağlıdır. Semptomların sıralaması ayırıcı tanıda önemlidir. Akut apandisitli hastaların %95'den fazlasında sırasıyla anoreksi ilk semptom, takip eden abdominal ağrı ve eğer olursa kusma oluşur. Eğer kusma ağrıdan önce olursa apandisit tanısı tekrar düşünülmelidir.

Fizik bulgular enflame apandiksin anatomik pozisyonunu ve perforasyon olup olmadığını gösterir. Apandisit komplike olmadıkça vital bulgular minimal

değişir. Hasta genelde supin, bacaklarını özellikle sağ bacağı karnına çekmiş şekilde ve hareketsiz yatar. Enflame apendiks anterior yerleşimli olduğunda klasik sağ alt kadranda bulguları oluşur. Umbilikus ile sağ spina iliaka anterior süperior düz bir çizgiyle birleştirildiğinde oluşan çizgiye “Mc Burney çizgisi” denir. Bu çizginin 1/3 dış noktasına ise “Mc Burney noktası” adı verilir. Burası en hassas noktadır. Direkt rebound hassasiyet genelde hissedilir, indirekt rebound hassasiyet sağ alt kadranda hissedilir ve lokalize peritoneal irritasyonu gösterir. Sol alt kadranda elle basınç uygulanınca sağ alt kadranda ağrı hissedilmesine “Rovsing belirtisi” adı verilir ve peritoneal irritasyon bölgesini gösterir. Sağ T10, T11 ve T12 spinal sinir alanlarında kütanöz hiperestezi genelde akut apandisit ile birlikte ve üzerinde durulmasa da ilk bulgu olabilir (14).

Palpasyonla karın duvarı kas direnci enflamasyonun ilerlemesi ile orantılıdır. İlk başlarda kas direnci istemli kasılmalarda olurken, peritoneal irritasyon ilerledikçe kas spazmı artar ve istemsiz olur (10, 14).

Enflame apandisit pozisyonunun anatomik varyasyonları, fizik bulgularda farklılıklara neden olur. Retroçekal apandisitte yan ağrısı daha belirgin iken, apendiks pelvik uzanımlı ise abdominal bulgular hemen hemen hiç yok iken eğer rektal muayene yapılmazsa tanı konulamayabilir. Rektal muayenede Douglas poşunda peritonda basınç oluşturması ile suprapubik ve rektal ağrı hissedilir. Psoas testi bu kasın iritan odağı olduğunu gösterir. Testte hasta sola yatırılır ve fleksiyondaki sağ bacağın ekstansiyonu, iliopsoas kasını gerdiğinde ağrı oluşur ise test pozitiftir. Benzer şekilde obturator belirtisinde obturator internus kasının gerilmesi ile hipogastrik ağrının oluşması pelviste irritasyonu gösterir. Obturator testinde hasta sırt üstü yatarken fleksiyondaki sağ bacağın pasif internal rotasyonunda ağrının oluşmasına bakılır (8, 14).

Komplike olmamış apandisitte nötrofil hakimiyetinin görüldüğü, 10000-18000/mm³ arası değişen hafif lökositoz izlenebilir. Lökositoz komplike olmadıkça ve apse oluşmadıkça bu seviyeyi aşmaz. İdrar yolu enfeksiyonunu

ekarte etmek için idrar tahlili yapılabilir. Enflame apendiksin üreter ve mesane irritasyonuna bağlı idrarda eritrosit veya lökosit görülse de, bakterüri görülmez (10, 14, 15).

AKUT APANDİSİTTE RADYOLOJİK TANI YÖNTEMLERİ

Apandisit tanısı koymada birçok radyolojik görüntüleme yöntemi kullanılmaktadır. Ultrasonografi ve BT'nin apandisit olgularında yararlı olduğu gösterilmiştir. Ancak bu görüntüleme yönteminin apandisit şüphesi olan her hastada rutin kullanımı yoktur. Eğer hikaye, fizik muayene ve laboratuvar sonuçlarından tanı netleştirilebiliyorsa, görüntülemeye gidilmeden hemen cerrahi yapılabilir (8). Bununla birlikte apandisitli hastaların üçte biri atipik klinikte olup bulgular karışıktır ve radyolojik değerlendirme ile sonuca varılabilir (16).

Apandisitte kesin tanının zor konulduğu ve cerrahi müdahalede gecikmeden kaçınıldığı için apandektomiye giden hastaların %15-25'inde normal apendiks bulunur. Ne yazık ki normal apendiksin çıkarılması tamamen benign süreç olmayıp %4-15 komplikasyon riski vardır. Bu nedenle apandisit düşünülen hastalarda, görüntüleme yönteminin tanısal güvenilirliğinin artması ile normal apendiksli hastalarda gereksiz apandektomiler azalacaktır (16). Bu hastalarda radyoloji hastanın kliniğini açıklayan alternatif tanımlar da koyabilir. Ayrıca atipik klinik bulguları olan hastalarda US veya BT ile apandisit tanısı konulabilir ve cerrahinin gecikmesi önlenir.

Direkt Batın Grafisi

1900'lerden beri gastrointestinal hastalıkları değerlendirmede kullanılmaktadır. Sağ alt kadranda opak fekalitin görülmesi apandisit radyolojik bulgusu olup, %5-8 hastada görülür. Diğer nonspesifik bulgular arasında, apendiks içerisinde gaz, lokalize parolitik ileus, çekal gölgenin kaybı, sağ psoas kasının obliterasyonu, lomber vertebraların açıklığı sağa bakan skolyozu, sağ sakroiliak eklem üzerinde bulanıklaşma ve serbest intraperitoneal hava ya da sıvı sayılabilir. Perforasyon, barsak obstrüksiyonu

ya da üreter taşı düşünülen durumlarda direkt batın grafileri gerekli olabilir. Genel olarak direkt batın grafisi apandisit tanısı koymada duyarlılık ve özgüllükten yoksundur (8, 13).

Baryumlu Kolon Grafisi

Apandisit tanısı koymada baryumlu kolon grafisi barsak temizliği yapılmaksızın tek kontrast tekniği ile yapılır. Apandisiti düşündüren radyolojik bulgular arasında apendiks yetersiz dolması, apendiks lumeninde düzensizlikler, çekum ya da terminal ileumda kitle etkisi ve en önemlisi apendiks izlenmemesi sayılabilir. Ancak baryumlu kolon grafisinde, normal hastalarda da %10 apendiks izlenemeyebilir. Perforasyon durumunda peritoneal kaviteye baryumun sızdığı görülmüştür. Sonuçta baryum enema zor, zaman alıcı ve tanısal güvenirliliği düşük bir tetkik olduğundan, noninvazif görüntüleme yöntemlerinin kullanıma girmesinden sonra apandisit tanısında kullanılmamaktadır (8, 16).

Sintigrafi

In-111 ile işaretlenmiş lökositlerin enjeksiyondan 17-24 saat sonra ya da Tc-99m ile işaretlenmiş lökositlerin enjeksiyondan 4 saat sonra alınan imajlar tanıda yararlıdır. Tc-99m, Indiumla yapılan tetkike göre daha duyarlı, daha ucuz olup, daha az radyasyon içerir (17). Tc-99m IgG, Tc-99m IgM, Tc-99m sitrat, Tc-99m HMPAO ile işaretli lökosit ve Tc-99m ile işaretli antigranülosit antikolar şüpheli akut apandisit değerlendirilmesinde kullanılabilecek diğer sintigrafik yöntemlerdir.

Ultrasonografi

Ultrasonografi (US) apandisit tanısında ilk defa 1981'de Deutsch ve Leopold (18) tarafından kullanılmıştır. Ultrasonografi dinamik, non-ivazif, kolay ulaşılabilen ve ucuz bir tanı yöntemidir. Radyasyon içermemesi nedeni ile çocuklarda, genç kadınlarda ve gebelikte ilk tercih edilen görüntüleme yöntemidir. Ancak US, kullanıcıya bağımlı olduğundan ve obez hastalarda görüntüleme yetersiz kaldığından, tanısal duyarlılığı azalmaktadır. Şiddetli

karın ağrısı, batın hassasiyeti, yaygın barsak gazı olan olgularda incelemenin başarısı azalır. US enflamasyonun yaygınlığını ve sınırlarını tam olarak göstermez. Ayrıca ultrasonografi (US) ile normal apendiksin görüntülenmesi belirgin derecede düşük olduğundan akut apandisit ekarte etmek oldukça güçtür (13, 19).

1986'da Puylaert (20) yüksek frekanslı lineer probalar ile ultrasonografik kompresyon tekniğini tarif etmiştir. Ultrasonografik kompresyon tekniğinde 5 MHz veya 7,5 MHz frekanslı transduserler ile ilgilenilen bölgeye kompresyon uygulanır. Normal ya da gaz dolu barsak segmentleri kompresyon alanından yer değiştirir veya anterior ve posterior abdomen duvarı arasında komprese olur. Ancak anormal barsak segmentleri ve obstrükte apendiks komprese olmaz ve optimal görülebilir. Bu teknikle aynı zamanda peritoneal irritasyon bulgusu olan rebound hassasiyeti de saptanabilir (20).

Enflame apendiks normal barsaktan boyut, şekil, lokalizasyon ve peristaltizmin olmayışı ile ayrılır. Apandisit ultrasonda, immobil, komprese olmayan, 6 mm'nin üzerinde çapa sahip, kör sonlanan anekoik lümeni, ekojenik mukozası ve hipoekoik duvar kalınlaşması olan çekuma komşu yapı olarak görülür. Apendiks lümeninde akustik gölgesi olan parlak ekojenik odaklar şeklinde apandikolit ler izlenebilir. Enflame apendiks çevresinde zayıf ekolu yapıların izlenmesi periapandisit olarak düşünülür (20). Apendiks perforasyonu lümenin dekompresyonuna neden olmakta ve apendiksin ultrasonografik gösterimi yapılamamaktadır. Perforasyonda ultrasonografi bulguları loküle periçekal sıvı, submukozal katmanın kaybı ve periçekal yağın belirginleşmesidir. Flegmonoz değişiklik enflame yağ dokusu içerisinde sınırları belirsiz, yağ doku ile iç içe geçmiş hipoekoik alanlar şeklinde görülür (8, 13, 20).

Renkli Doppler Ultrasonografi (RDUS)

Son yıllarda akut apandisit tanısında renkli Doppler ultrasonografik incelemeler de kullanılmaktadır. Normal apendiks duvarında genellikle kanlanma görülmemektedir. Eğer vaskülarizasyon saptanırsa, arteriyel

spektrumlarda yüksek rezistanslı kan akımları, venöz spektrumlarda ise solunum ile dalgalanan akım formları görülmektedir.

Akut apandisitte ise apendiks duvarında ve periapandiküler bölgede, sayıları ve çapları artmış kan damarları gözlenir (21). Mezoapendiks içerisinde de artmış vaskülarizasyon görülebilir. Akut apandisitte arteriyel kan akımı düşük rezistanslı iken, venöz akımlar devamlı veya pulsatil olarak izlenir (20, 21). Erken olgularda artmış renk sinyalleri olmayabilir ya da apendiks ucunda sınırlı olabilir. Apendiks perforasyonunda ise çevre yumuşak dokular veya apse duvarı hipervasküler görülebilir (22).

Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG)

Manyetik rezonans görüntülemede apandisit, kavis oluşturan kör uçla sonlanan, belirgin ve kalın duvarlı tübüler yapı şeklinde izlenir (23). Kalsifikasyonlu apandikolit ve normal apendiksin rutin tespiti mümkün değildir. Gadolinium kullanılarak yapılan kontrastlı MRG çalışmalarında apandisit varlığının ya da olmadığı gösterilmesinde %95 oranında doğruluk saptanmıştır (23). Şüpheli akut apandisit olgularının MRG ile sonografik korelasyonunda duyarlılık, doğruluk ve negatif prediktif değerler sonografiye göre yüksek bulunmuştur. Ancak tetkik süresinin uzun oluşu, yüksek maliyeti ve hasta immobilizasyonu şartı MRG'nin dezavantajlarıdır (23).

HELİKAL (SİRAL) BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ

1972'de İngiliz mühendis Godfrey Hounsfield tarafından icat edilen BT, 1990'larda helikal (spiral) teknolojinin geliştirilmesi ile kısa tarama süresinde uzun mesafeleri tarayabilir hale gelmiştir. Akut apandisit tanısı koymada ve evrelemede BT, güvenilir ve etkili bir görüntüleme yöntemidir. Bilgisayarlı tomografi (BT) operatörden bağımsızdır, kolay yapılabilir ve kolay yorumlanabilir sonuçlar verir. Akut apandisitte BT'nin tanısal duyarlılığı ve özgüllüğü çok iyi olup, perforasyon varlığında ve aberran apendiks lokalizasyonunda azalmaz (1).

Apandisitte tanısal görüntüleme yöntemi olarak BT'nin duyarlılığı %93-98 ve özgüllüğü %87-100'den %95-99'e değişir (3, 25, 26). Bilgisayarlı tomografi ile ultrasonografiden daha güvenilir bir şekilde normal apendiks sonucuna varılabilir. Akut apandisit tanısında BT'nin kullanımı ile ilgili ilk çalışma 1986'da Baltazar ve arkadaşları tarafından yapılmıştır (27). Bu çalışmada oral ve rektal kontrast kullanılarak helikal BT incelemesi yapılan 38 apandisitli hastanın %92'sinde genişlemiş apendiks ve periapendiksyel çizgilenme görüldüğü rapor edilmiştir. Başka bir çalışmada 238 hastaya iv kontrastlı BT incelemesi yapılmış ve apandisit BT bulguları tarif edilmiştir (26). Bu bulgular;

- 1) Genişlemiş apendiks (çap \geq 6mm) (duyarlılık, %93; özgüllük %92)
- 2) Apendiksyel duvar kalınlaşması (duyarlılık, %66; özgüllük %96)
- 3) Periapendiksyel yağda çizgilenme (duyarlılık, %87; özgüllük %74)
- 4) Apendiks duvarının kontrastlanması (duyarlılık, %75; özgüllük %85).

Birçok çalışmada BT apandisit tanısında yeterli görüntüleme yöntemi olarak görülmekte ancak, optimal BT tekniğinin araştırılması devam etmektedir. Bu çalışmalar üç ana noktada yoğunlaşmaktadır; 1) abdomen ya da pelvisin kontrastsız BT'si, 2) oral ve/veya iv kontrast maddenin eklenmesi, 3) yalnızca sağ alt kadrana yönelik ve rektal kontrast sonrası yapılan apendiks BT (2, 3, 4, 8, 25-30, 67). Apendiksin BT'de görüntülenmesi; BT incelemesinin kalitesi kadar, apendiks boyutuna, periapandiküler yağ miktarına ve ileoçekal barsağa yeterli opak madde gelmesine bağlıdır (31).

Akut apandisit tanısı BT'de, anormal apendiks varlığında ya da kalsifiye apandikolit ve perçekal enflamasyon varlığında konulabilir. Anormal apendiks görünümü apandisit evresine göre değişir. Semptomların hemen oluşmasından sonra yapılan BT incelemesinde hafif nonperfore apandisit; hafif genişlemiş, lümeni sıvı dolu, normal mezenterli, yağ ile çevrili 5-6mm çapta tübüler yapı olarak olarak görülür (13). Ancak hastaların çoğu transmural enflamasyon bulgusu ve daha ileri derecede lüminal distansiyon ile gelir. Apendiks 7-15 mm çaptadır ve kontrastlı çalışmada daha iyi

gösterilen duvar kalınlaşması vardır (25, 32). Periapendiksyel enflamasyon akut apandisitli hastaların %98'inde bulunmuştur (29). Yağ dokusunda lineer çizgilenme, lokal faysal kalınlaşma, mezenterik yağ dokusunda kirlenme nonperfore apandisitte izlenirken, mikroperforasyonda da izlenebilir. Çekumda fokal apikal kalınlaşma ve okbaşı bulgusu da önemlidir. Okbaşı bulgusu, çekal intraluminal kontrast maddenin apendiksyel oklüzyonu gösterecek şekilde görünüm almasıdır (13).

Perfore apandisit genelde periçekal flegmon ya da apse ile birlikte dir. Lümen dışı hava, belirgin ileoçekal kalınlaşma, lokalize lenfadenopati, peritonit, ince barsak obstrüksiyonu görülebilir. Anormal apendiksin görülmediği, periapendiksyel apse ya da flegmon içerisinde apandikolit görüldüğünde apandisit tanısı konulabilir (3, 26, 27, 32, 33). BT ile plastron ve apse ayrımı da yapılabilir. Apseler genellikle iyi sınırlı ve kısmen kapsüllüdür. Kapsülde kontrast tutulumu ve kavite içinde hava-sıvı seviyesi olabilir. Komşuluğunda bulunan yapılarda deplasmana, çevre yağ dokusu ve fasyalarda ödeme neden olur. Plastron ise BT'de inflame omentum ve komşu barsak segmentlerini içeren periçekal lokalizasyonlu düzensiz sınırlı, çekumda itilmeye neden olabilen solid, yumuşak doku dansitesinde ve duvar yapısı bulunmayan kitle görünümündedir (13, 16).

NORMAL APANDİSİN BT GÖRÜNÜMÜ

Normal apendiks semptomatik hastalara yapılan BT'de %67-100 izlenmektedir (3, 13, 29). Normal apendiks boyutlarının ve lokalizasyonlarının bilinmesi, BT'nin apandisit tanısındaki doğruluk oranını artıracaktır. Normal apendiks yerleşimindeki varyasyonlar ve hareketli olmasından dolayı farklı pozisyonlarda bulunabilir (34). Apendiksin tipik yerleşimi çekum posteromedialdir. İleoçekal valv ile inferior çekal uç arasındaki mesafenin orta noktasındadır. Normal apendiks lümeni kollabe olabileceği gibi, hava, sıvı veya kontrast madde ile dolu olabilir. Normal apendiks lümen çapı ~6-10 mm boyuttadır (25, 34, 35). Normal apendiks duvarı ~1-2 mm'den daha az kalınlıkta izlenir. Ayrıca periapendiksyel yağ homojen olmalı ve ince bir mezoapendiks görülmelidir. Apandikolit asemptomatik kişilerde, halka ya da

homojen kalsifik dansite görünümünde apandisit olmaksızın da görülebilir (36-38).

HELİKAL VE ÇOK KESİTLİ BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ FİZİĞİ

Konvansiyonel BT'ye göre helikal BT'de görüntüler, tek bir nefes tutuş süresinde hacimsel olarak alınabildiğinden apandisit görüntülenememe riski neredeyse ortadan kalkmıştır. Helikal BT klinik olarak ilk defa 1989 yılında Kalender ve arkadaşları tarafından kullanılmıştır (39). Tek bir nefes tutma süresinde gerçek 3 boyutlu görüntüleme imkanı sunması ile kesitsel görüntülemeye önemli bir çığır açmıştır. Helikal BT ismini X ışınının hasta etrafında izlediği yolun şeklinden almıştır. Helikal BT'de veriler, X ışını tüp-dedektör sisteminin hasta etrafında devamlı rotasyonu sırasında hastanın gantri içinde sürekli hareketi ile elde edildiğinden kesintisizdir. Bu hacimsel veri eldesi "slip-ring" teknolojisinin kullanımı 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 elektriksel iletken yapılar içerirler. Bu sayede elektrikle veri iletimi için kablo gereksinimi ortadan kalkmıştır. Konvansiyonel BT cihazlarında X-ışını tüp-dedektör sisteminin başlangıç pozisyonuna dönmesi ve elektrik üreten büyük kabloların birbirine dolanmasını önlemek için kesitler arasında gecikme zamanına ihtiyaç duyulmaktaydı. Slip-ring tarayıcıları sürekli X-ışını oluşması ve sürekli masa hareketi sağlamıştır. Tarama bittikten sonra ham veriler bilgisayar yardımıyla aksiyel, multiplanar ve 3 boyutlu olarak rekonstrükte edilebilir (39-41).

Helikal BT cihazlarında tüp-dedektör donanımının sürekli dönmesinin sağlanması için çok yüksek ısı kapasiteli X ışını tüplerine ihtiyaç vardır. Bugün kullanılan helikal BT cihazlarının ısı kapasitesi 5-8 milyon ısı ünitesi dolayında olup, ısı atılımı da yüksektir. Helikal BT'de dedektörlerde yapılan iyileştirmelerle hastaya verilen radyasyon dozu azaltılmış ve daha az X-ışını

ile daha hızlı ve daha yüksek kalitede görüntü sağlanmıştır. Helikal BT'de solid-state ve xenon gaz dedektör olmak üzere iki tip dedektör kullanılmaktadır (42, 43).

Pitch, tüpün 360° dönüşü esnasındaki masa hareketinin ışın kolimasyonuna oranı olup, görüntü kalitesi ve hasta dozu açısından çok önemli bir ölçüttür. Pitch değerinin 1'den küçük olması anatominin üst üste binmesini ve dolayısıyla hasta dozunun arttığını gösterirken, 1'den büyük değerler spiralin açıldığını, dolayısıyla daha uzun mesafelerin daha düşük radyasyonla incelendiğini gösterir. Klinik kullanımda pitch değeri 1-2 arasında seçilir. Tetkik süresinin kısalması ve hacimsel veri toplanmasına bağlı olarak helikal BT incelemelerinde hasta ve solunum hareketine bağlı artefaktlar veya yanlış veri kaydı önlenir. Daha az kontrast madde gereksinimi ile kısa zamanda daha fazla veri elde edilir. Veri hacimsel olduğundan taranan hacmin herhangi bir yerinden görüntü rekonstrüksiyonu yapılabilir.

Helikal BT'nin klinik kullanımından birkaç yıl sonra geliştirilen çok kesitli helikal BT'de (ÇKBT) dedektörler, 2 veya daha fazla sıra halinde dizilmiştir. Her biri 500-900 solid-state yapıdaki dedektör elemanından oluşan iki boyutlu matriks yapısındadır. Bir seferde birden fazla kesit elde edebildiği için çok kesitli BT ismini almıştır. 360° dönüşün 1 saniyeden daha az sürede tamamlanmasını sağlayan tarayıcılar sayesinde, daha fazla hacim daha kısa sürede, daha yüksek uzaysal çözünürlükte ve daha az kontrast madde kullanılarak taranabilir. Çok fazlı (multifazik), dinamik çalışmalar ve fonksiyonel BT daha etkin yapılabilir. Multiplanar rekonstrüksiyon, MIP (maksimum intensite projeksiyonu), 3 boyutlu rekonstrüksiyon, hacimsel gösterim (volume rendering), BT anjiyografi, BT endoskopi ve BT floroskopi kalitesi helikal BT'ye göre daha yüksektir. İnce kesit (≤ 1 mm) alındığında gerçek izotropik görüntüler (kübik voksel) elde edilir ki, bu da görüntü hacminden geçen her düzlemin eşit derecede keskin olması demektir. Uzun mesafelerin taranabilmesi özellikle travma hastalarında, tetkik süresinin kısalması ise çocuk ve bilinç bulanıklığı olan hastalarda harekete bağlı artefaktları en aza indirir(42).

Helikal Bilgisayarlı Tomografide Gürültü (Noise)

Homojen inceleme alanı olan ROI'de (region of interest) tüm piksellerin BT numarası aynı değildir. BT numaralarındaki bu farklılık kesit üzerinde gürültü olarak görülür. Bu farklılık ve dağılım miktarı hesaplanabilir ve standart sapma şeklinde istatistiksel parametre olarak tanımlanır. Tüm BT cihazlarında bu hesaplama programı vardır. Gürültü değeri seçilen interpolasyon algoritmasına göre değişiklik gösterir. 360° lineer interpolasyon kullanıldığında gürültü, aynı doz ve kalınlıkta kullanılan tek kesit konvansiyonel BT'ye göre %17-18 oranında azalmaktadır. 180° intepolasyon algoritması seçildiğinde ise gürültü %12-13 oranında artmaktadır. Gürültüdeki bu küçük artıştan görüntü kalitesi pek etkilenmemektedir (44, 45). Gürültü mAs'ın karekökü ile ters orantılı olup, mAs %50 azaldığında gürültü %41 artar.

Helikal Bilgisayarlı Tomografide Radyasyon Dozu

X-ışınlarının doku üzerindeki etkileri ya dokuyu oluşturan atom ve molekülleri iyonize etmesiyle doğrudan ya da serbest radikal oluşumuna yol açarak dolaylı yoldan ortaya çıkabilir. Bu etkiler deterministik ve stokastik olarak iki grupta incelenir. Deterministik etki belli bir doz eşiğinin üzerinde ortaya çıkar ve doz arttıkça şiddeti artar. Ciltte eritem ve katarakt bu tür etkilerdir. Stokastik etkilerin oluşması için doz eşiği gerekmez, doz arttıkça şiddeti değil olasılığı artar. Kanseri gelişimi ve genetik değişiklikler bu gruptandır (42).

Son yıllarda Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa'da yapılan çalışmalarda BT'nin tüm radyolojik incelemelerin %3-5'ini oluşturduğu, ancak hastaların maruz kaldığı radyasyon dozunun %35-45'inden sorumlu olduğu bildirilmiştir (36). BT'den alınan radyasyon dozunu azaltmak için çeşitli stratejiler geliştirilmiştir. Bunlar arasında BT kullanımını kısıtlamak için endikasyonların belirlenmesi, multifazik protokollerden kaçınılması, incelemelerin gereksiz tekrarından sakınılması ve teknik tarama parametrelerinin uygun şekilde düzeltilmesi sayılabilir (46).

Helikal BT'de 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 eşittir. Ancak pitch değeri 1'in üzerine çıktığı zaman spiral BT'de radyasyon dozu azalır. Konvansiyonel radyografilerden farklı olarak, BT'de ekspozur hasta çevresinde sürekli ve bir hacim boyunca tekrarlanır. Kesit düzleminde 360° rotasyon sonunda radyal olarak simetrik bir doz gradienti oluşur. Doz fantomlarından yapılan ölçümlerde doz gradienti miktarının, objenin boyutuna, X ışını spektrumuna ve materyalin atenüasyon özelliklerine bağlı olduğu gösterilmiştir. Gövde fantomunda (32 cm çaplı) santraldeki doz periferdeki yarısı iken baş fantomunda (16 cm çaplı) merkezde ve periferde doz aynıdır (42). Kesit düzlemindeki doz dağılımından başka longitudinal düzlemde de dozda değişiklikler olmaktadır. Bunun nedeni tek bir kesit alındığında sadece o kesitin değil komşu alanların da değişik oranda ekspozite olmasıdır (42, 44, 47).

BT'de maruz kalınan radyasyonu hesaplamak için bilgisayarlı tomografi doz indeksi (CTDI) kullanılır. Bu değişken fantomun yüzeyine ve ortasına yerleştirilen dozimetreler ile ölçülür. Bilgisayarlı tomografi doz indeksi tek bir kesitte soğrulan dozu belirtir. Yeni CTDI hesabı yapılırken, kesit kalınlığının altında ve üstünde yer alan 50 kesit kalınlığındaki bölgede soğrulan X ışınları da ölçüme dahil edilir. Bu değer kesit kalınlığına bölünerek CTDI elde olunur. Buna göre bilgisayarlı tomografi doz indeksi, tek kesit için BT'den soğrulan 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 formülize edilmiştir. Bu formülle 100 mm uzunluktaki ardışık kesitte doz ölçülebilmektedir.

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

T= Nominal kesit kalınlığı

z= Tarama planı aksında pozisyon

D(z)= z noktasındaki doz

n= Bir rotasyondaki kesit sayısı

d z= integral mesafesi

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

$$CTDI_w = \frac{1}{3} CTDI_c + \frac{2}{3} CTDI_p \quad (c: \text{merkez}, p: \text{perifer})$$

Hacimsel CTDI değeri ($CTDI_{vol}$) seçilen tarama parametrelerine bağlı olarak hastanın aldığı dozu gösterir. $CTDI_{vol}$ sıklıkla konsol üzerinde belirtilir.

$$CTDI_{vol} = CTDI_w / \text{Pitch}$$

$CTDI_{vol}$ incelenen total hacim için ortalama dozu belirtir. $CTDI_{vol}$ değeri dozun verildiği total uzunlukla çarpılınca “Dose Length Product” (DLP) elde edilir.

$$DLP = CTDI_{vol} \times L \text{ (mGy.cm)} \quad (L: \text{Tarama uzunluğu})$$

CTDI ve DLP dışında hastanın aldığı radyasyon dozunun hesaplamasında kullanılan diğer parametre ise efektif dozdur. Efektif doz birimi milisievert'tir (mSv). Efektif dozu hesaplayan çok çeşitli bilgisayar programları vardır. BT'den kaynaklanan efektif radyasyon dozları diğer tanısal radyolojik incelemelerle karşılaştırıldığında daha yüksek

bulunmaktadır. Abdominal BT uygulamalarında radyasyon dozları yaklaşık 10 mSv düzeyinde iken, abdominal direkt grafi için efektif doz 0.5-1.5 mSv olarak bildirilmektedir (42).

DÜŞÜK DOZ BT UYGULAMALARI

BT'de maruz kalınan radyasyon dozunu azaltmak amacıyla inceleme parametreleri mümkün olan en düşük radyasyon ile tanısal görüntüler elde edebilecek şekilde ayarlanmalıdır. Düşük doz uygulamaları hasta bazlı veya çekilecek vücut bölgesine göre olabilir. Merkezdeki radyasyon dozunun yüzeydeki yarısı olduğu iri hastaların aksine, zayıf hastalarda radyasyon dozu hemen hemen aynıdır. Hastanın kesitsel çapındaki her 4 cm'lik azalmada tüp akımı, görüntü kalitesinde ciddi bir kayıp olmaksızın %50 azaltılabilir (48). Bu nedenle çocuklarda ve zayıf hastalarda düşük doz BT kullanılabilir. Abdomene yönelik standart doz BT ile %50 doz azaltılarak yapılan BT tetkikinde görüntü kalitelerinin karşılaştırıldığı bir çalışmada ağırlığı 81 kg'den, transvers karın çapı 34.5 cm'den, ön-arka çapı 28 cm'den, kesitsel çevresi 105 cm'den ve kesitsel alan çapı 800 cm²'den az olan hastalarda iki tetkik arasında anlamlı fark bulunmamıştır (41). Daha önceki çalışmalarda toraks, paranazal sinüsler ve ürolitiazis için düşük doz BT ile tanısal görüntü kalitesinin sağlanabileceği gösterilmiştir (49-51).

Bilgisayarlı tomografi incelemesinde doz tüp akımına, voltajına, tarama zamanına, kesit kalınlığına, taranan doku hacmine ve pitche bağlıdır. Türkiye'deki akademik radyoloji bölümlerinde düşük doz kullanımına yönelik yapılan bir çalışmada, düşük doz BT uygulamasında en sık tercih edilen modifikasyonun düşük mA ve artmış pitch değeri olduğu gösterilmiştir (52). Dion ve arkadaşlarının (53) abdominal BT incelemelerinde doz azaltımında düşük kV ve düşük mAs kullanılarak elde edilen görüntüleri karşılaştıran çalışmasında düşük kV protokolünün görüntü kalitesi daha iyi bulunmuştur. Zayıf yetişkin veya çocuklarda abdominal BT'de doz azaltmada düşük kV protokolünü düşük mAs'a alternatif olarak önermişlerdir.

Apendiks gibi düşük kontrasta sahip yapıların değerlendirmesinde düşük doz BT kullanımı sınırlı olmakla birlikte, akut apandisit tanısında literatürde düşük doz BT'nin etkinliğini araştıran çalışmalar mevcuttur. Akut apandisit teşhisinde düşük doz ve standart doz kontrastsız multidedektör BT'nin karşılaştırıldığı bir çalışmada apendiks görülmesi ve apandisit tanısında iki teknik arasında fark izlenmemiştir (28). Çocuklarda apandisit teşhisinde standart doz ile elde edilen imajların üzerinden fantoma dayalı simulasyon tekniği ile elde edilen düşük doz BT'lerin (20 mAs) değerlendirildiği bir çalışmada optimize edilmiş BT dozu başarılı bulunmuştur (54). Akut apandisitli tavşan modellerinde çok kesitli BT'de düşük doz protokollerinin (80 kV/70 mAs, 80 kV/50 mAs, 80 kV/20 mAs) görüntü kalitesine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada görüntü kalitesi mükemmel ve iyi derecelerde değerlendirilmiştir (7). Normal apendiksin kontrastsız düşük doz helikal BT ile değerlendirildiği bir çalışmada, düşük doz BT'de normal apendiksin çoğunlukla görüntülenebildiği gösterilmiştir (55). Ancak düşük doz ve standart doz BT'nin apandisit evrelerinde değerlendirmedeki etkinliği daha önce karşılaştırılmamıştır.

Bu çalışmada tavşan modelinde oluşturulan deneysel akut apandisitini iki ayrı zaman periyodundaki morfolojik değişikliklerini, farklı düşük doz BT protokolleri ile değerlendirerek, görüntü kalitesini ve değişik dozlardaki ÇKBT'nin tanısallık etkinliğini belirlemek amaçlanmıştır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışmanın deneysel bölümü Mayıs 2008 ile Ekim 2008 tarihleri arasındaki dönemde Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Deney Hayvanları Laboratuvarında, görüntüleme bölümü Radyoloji Anabilim Dalında, preparatların hazırlanması ve histopatolojik incelemeleri Patoloji Anabilim Dalı Laboratuvarında yapıldı. Deneysel çalışma protokolü için Pamukkale Üniversitesi Hayvan Deneyleri Etik Kurulu onayı Nisan 2008'de alındı. Çalışma, Hayvan Koruma Kanunu ve Çevre ve Orman Bakanlığının Kurullarının Çalışma Usul ve Esaslarına Dair Yönetmelik ve Pamukkale Üniversitesi Hayvan Deneyleri Etik Kurulu Yönergesi hükümlerine uygun olarak hazırlandı.

ÇALIŞMA GRUBU

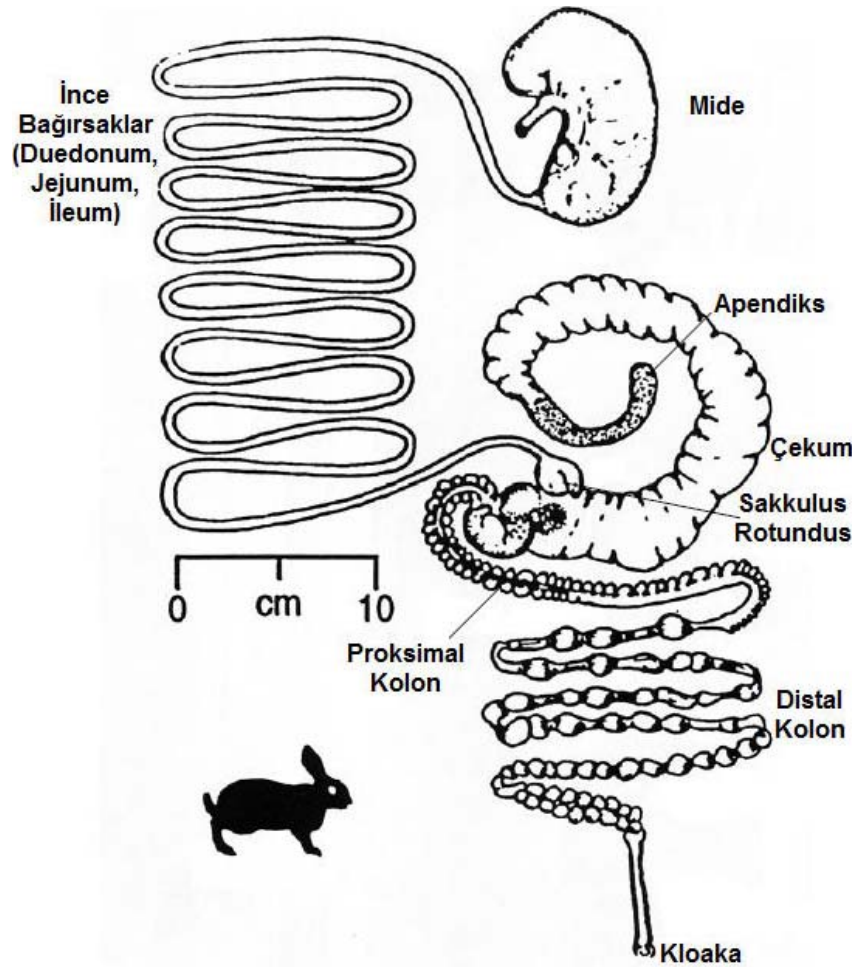
Deneysel çalışmada toplam ondokuz erişkin sağlıklı beyaz Yeni Zelanda tavşanı kullanıldı. Tavşanlardan beş tanesi opere edildikten sonra öngörülen takip süreleri dolmadan ex oldular. Çalışma grubu kalan ondört adet, ağırlıkları 1,700 gram ile 3,150 gram arası (ortalama 2,310 g) değişen 7 erkek, 7 dişi tavşandan oluşturuldu. Tavşanların tamamı çalışma süresince 22°C sıcaklıkta, 12 saat aydınlık 12 saat karanlık siklus bulunan kafeslerde korunup, aynı miktarda standart hayvan yemi ile beslendi.

Her bir tavşana apandisit modeli oluşturmadan 1 gün önce ve apandisit oluşturulduktan 16 veya 24 saat sonra olmak üzere toplam 2 defa abdominal ÇKBT tetkiki yapıldı.

DENEYSEL AKUT APANDİSİTİN OLUŞTURULMASI

Tavşanlar tasmalarından numaralanıp yedişerli gruplara ayrıldı ve bir gece önceden aç bırakıldı. Apandisit modeli uzman bir çocuk cerrahı tarafından oluşturuldu. Genel anestezi olarak 35 mg/kg ketamin hidroklorid (Ketalar, Pfizer) ve 5 mg/kg %2 xylazine hidroklorür (Alfazyne, Egevet) IM kullanıldı ve cerrahi işlem spontan solunumla yapıldı.

Tavşanlar genel anestezi altında taşıma tahtasına sırtüstü yatar vaziyette fikse edildi. Cerrahi öncesi batında diyafram altından simfisis pubise kadar olan kısımda ~5cm x 5cm'lik alan tıraşlandı ve polyvinyl pyrrolidone iyot kompleksi (Batticon %10, Adeka İlaç Sanayi, Samsun) ile saha temizliği yapıldı. Steril örtülerle batın örtüldükten sonra her bir tavşana batın orta hattan insizyon yapılarak cilt ve ciltaltı geçildi. Fasya geçilip kaslar splite edildi. Periton açılarak batına ulaşıldı ve apendiks bulundu. Mezenterik damarları koruyarak apendiks lümeni ortalarından 2 kez 2/0 ipek ile serbest olarak bağlanarak obstrüksiyon modeli oluşturuldu. Kanama kontrolünü takiben periton 3/0 vicril ile kilitli kontinü olarak kapatıldı. Fasya 3/0 vicril ile tek tek sütürler ile cilt altı 3/0 vicril ile tek tek sütürler ile cilt 4/0 prolen ile subkutiküler sütürlerle kapatılıp pansuman yapılarak operasyon tamamlandı (Şekil-1, Resim-1).



Şekil-1: Laboratuvar tavşanının gastrointestinal sisteminin diyagramatik gösterimi (56).



Resim-1: Tavşanda apendiksın ortasından çift bağlanarak deneysel akut apandisit modelinin oluşturulması.

Tavşanlar deneysel apandisit modeli oluşturulduktan sonra kafeslerine alındı, spontan solunumları takip edildi. Operasyondan 16 saat sonra yedili grup ve 24 saat sonra ikinci yedili grup tavşanın ÇKBT çekimleri yapıldı. ÇKBT çekimlerinin ardından tavşanlara genel anestezi altında aynı cerrahi prosedür uygulandı ve batın içerisinde enflame apendiks bulundu. Apendiks mezosu usulüne uygun olarak iskeletize edildi. Apendiks daha önce bağlandığı yerden ikiye ayrılarak apandektomi gerçekleştirildi. Kanama kontrolünü takiben periton 3/0 vicril ile kilitli kontinü olarak kapatıldı. Fasya, cilt altı ve cilt usulüne uygun olarak kapatıldıktan sonra tavşanlar normal dozun iki katı anestezi madde ile uyutularak sakrifiye edildi.

ÇKBT TARAMA PROTOKOLLERİ

BT incelemeleri 16 detektörlü ÇKBT cihazı (Brilliance CT 16 V2.00 Philips Medical Systems, Cleveland, OH) ile yapıldı. Tavşanlar sırtüstü pozisyonda iken intravenöz, oral veya rektal kontrast madde verilmeksizin diyafram altından simfisiz pubise kadar abdominal ÇKBT çekimleri yapıldı.

Her bir tavşan apandisit modeli oluşturmadan 1 gün önce ve apandisit oluşturulduktan sonra olmak üzere 2 defa 35 mg/kg ketamin (Ketalar, Pfizer) IM ile sedatize edildi ve IV, oral ya da rektal kontrast verilmeksizin ÇKBT tetkiki yapıldı. Apandisit modeli oluşturulduktan sonra tavşanlar yedişerli gruba ayrıldı. Cerrahiden 16 saat sonra, 1. gruba; 24 saat sonra ise 2. gruba aynı parametrelerle ÇKBT tetkiki yapıldı.

Deneyisel apandisit modeli oluşturulması öncesi ve sonrasında tüm tavşanlara yapılan ÇKBT tetkikinde; kolimasyon 16x1,5 mm; masa hızı 30 mm/sn; rotasyon zamanı 0.75 sn, görüntüleme alanı 180 mm, matriks 512x512; pitch 0,938 sabit kalmak üzere dört farklı doz protokolü kullanıldı.

Protokol 1: Tüp voltajı 90 kVp ve tüp akımı 25 mAs

Protokol 2: Tüp voltajı 90 kVp ve tüp akımı 50 mAs

Protokol 3: Tüp voltajı 120 kVp ve tüp akımı 25 mAs

Protokol 4: Tüp voltajı 120 kVp ve tüp akımı 50 mAs

Görüntüler kesit kalınlığı 3 mm, rekonstrüksiyon intervali 1.5 mm olacak şekilde rekostrükte edildi.

BT GÖRÜNTÜLERİNİN YORUMLANMASI

Daha önceden optik disklere kaydedilmiş cerrahi öncesi ve sonrası her bir tavşana ait 4 farklı doz protokolünde olmak üzere toplam 112 görüntü seti standart çalışma istasyonuna (Extended Brilliance Workspace V.3.5.0, Philips Medical Systems) tekrar yüklendi. Abdomen radyolojisinde deneyimli bir radyolog tarafından iş istasyonu üzerinde kayıtlı tüm aksiyel görüntüler

sine olarak, standart abdomen penceresinde değerlendirildi. Değerlendirici tavşanların cerrahi öyküsünden habersizdi. Olgular esas olarak aksiyal görüntüler üzerinden değerlendirildi, ancak radyolog gerektiğinde apendiks visualizasyonunu optimize etmek amacı ile pencere ayarlarında değişiklik yapmakta ve çok düzlemler görüntüler oluşturmakta da serbest bırakıldı. Değerlendirici incelenen görüntülerin görüntü kalitesini 1-4 arası (1: Çok kötü, 2: Kötü, 3: Kabul edilebilir, 4: İyi, 5: Çok iyi) puan vererek skorladı.

Apendiksin izlenip izlenmediği, izleniyorsa kısmi veya boylu boyunca mı izlendiği not edildi. Apendiksin lümen çapları dıştan dışa ölçüldü. Apendiksin lümen içeriği (difüz hava, seviye veren hava, hava kabarcığı, hiperdens görünüm, apandikolit) değerlendirildi. Periapandiküler yağ inflamasyonu ve sıvı varlığına bakıldı. Perçekal ya da periapandiküler apse varlığı araştırıldı. Perçekal yağın yeterliliği çekumun karın arka duvarı, karın yan duvarı ve sağ psoas kasına olan mesafesi dikkate alınarak öznel olarak değerlendirildi.

Gürültü 4. yıl asistanı ikinci bir radyolog tarafından, tavşanın sağ böbrek alt polü düzeyinde böbrek parankiminden ve en geniş homojen görünen alan olan perirenal yağ dokusundan, BT attenüasyonunun standart sapma (SD) değerleri ölçülerek yapıldı. Kontrast gürültü oranı (CNR) sağ böbreğin alt polü dansitesinden perirenal yağın dansitesi çıkartılıp perirenal yağın gürültüsüne bölünerek hesaplandı. Tüm ölçümler, 10 mm²'lik daire şeklinde ilgi alanı (ROI) kullanılarak yapıldı. Bu ölçümlerin yapıldığı düzeyde abdomenin anteroposterior ve transvers çapı ile çevresi ölçüldü.

Radyasyon dozu, BT inceleme parametrelerine göre cihaz tarafından otomatik olarak verilen hacimsel BT doz indeksi ile inceleme mesafesinin çarpımı ile elde olunan "Dose Length Product" (DLP) şeklinde ifade edildi.

HİSTOPATOLOJİK İNCELEME

Cerrahi obstrüksiyon sonrası 16 ya da 24 saat bekleyen tavşanlar ÇKBT ünitesinde incelemeleri yapıldıktan ve apendiksleri çıkarıldıktan sonra sakrifiye edildi. Pamukkale Üniversitesi Tıp Fakültesi Patoloji Anabilim Dalı

Laboratuvarında alınan tüm doku örnekleri %10 formaldehit solüsyonu içerisinde 24 saat boyunca fikse edildi. Tüm örnekler proksimalden ve distalden birer enine kesit alınarak doku takibine alındı. Takibe alınan örnekler parafin bloklara gömüldü. Her bir bloktan 4 mikrometre kalınlığında doku kesiti alındı. Bu kesitler hematoksilin eozin ile boyanıp ışık mikroskopunda incelendi. Tavşanlardan çıkartılan apendikslerde histopatolojik olarak transmural inflamasyon, ülserasyon, ödem-konjesyon, hemoraji, nekroz ve tüm kas tabakalarında yıkımın olup olmadığına bakıldı.

İSTATİSTİKSEL ANALİZ

Sürekli değişkenler ortalama \pm SD (standart sapma) olarak ifade edildi. Farklı BT dozlarında görüntü kalitesi Wicoxon signed rank testi ile apandisit varlığı veya yokluğu Mc Nemar testi ile araştırıldı. Doz protokolleri arasındaki uyum kappa testi ile değerlendirildi. Apendiks görülebilirliği ile hastanın vücut ağırlığı, abdominal ölçümleri ve periçekal yağ dokusu yeterliliği arasındaki ilişki Spearman rho testi ile araştırıldı. $P < 0.05$ olması istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Dört farklı doz protokolünün apandisit tanısındaki performansları "Receiver Operating Characteristics" (ROC) eğrisi ile değerlendirildi. Hesaplamalar Windows ortamında "Statistical Package for the Social Sciences" (SPSS 16.00 Chicago, IL) istatistiksel analiz programının 16.0 versiyonu kullanılarak yapıldı.

BULGULAR

Deneysel çalışmada toplam ondokuz erişkin sağlıklı beyaz Yeni Zelanda tavşanı kullanıldı. Tavşanlardan beş tanesi opere edildikten sonra öngörülen takip süreleri dolmadan ex oldular. Çalışma grubu kalan ondört (erişkin 7 erkek ve 7 dişi) tavşandan oluştu. Deneysel olarak apandisit oluşturulan tavşanlardan çıkarılan apendikslerin tümünde hem peroperatif hem de patolojik olarak akut apandisit tanısı konuldu. Çalışmada kullanılan tavşanların ağırlıkları ve BT ile saptanan abdomen ölçüleri Tablo-1'de özetlenmiştir.

TABLO-1: Deneysel çalışmada kullanılan tavşanların ağırlıkları, abdomen ölçümleri

	Ortalama±SD	Değer aralığı
Ağırlık (kg)	2.3 ± 0.4	1.7-3.15
Abdomen AP çapı (mm)	71.9 ± 6.5	61.2-86.1
Abdomen lateral çap (mm)	120.7 ± 13.5	100.4-146.2
Abdomen çevre (mm)	309.8 ± 30.3	267.9-370.6

Görüntü kalitesi

Normal apendiksli tavşanların farklı DDBT protokollerindeki görüntülerinin görüntü kalitesi değerlendirme sonuçları Tablo-2'de verilmiştir. Buna göre hiç bir doz protokolünde çok kötü görüntü kalitesi saptanmadı. 90 kVp/25 mAs ve 90 kVp/50 mAs doz protokollerinde sırası ile 4 (%14.3) ve 1 (%3.6) tavşanda kötü kalitede görüntü izlenirken, 120 kVp/25 mAs ve 120 kVp/50 mAs doz protokollerinde kötü kalitede görüntü izlenmedi. Çok iyi kalitede görüntü ise sadece 120 kVp/50 mAs doz protokollü incelemede 6 (%21.4) izlendi.

Normal apendiksin görüntülenmesinde çalışmamızda kullandığımız en yüksek doz olan 120 kVp/50 mAs doz protokolü ile 90 kVp/25 mAs, 90 kVp/50 mAs ve 120 kVp/25 mAs doz protokolleri görüntü kalitesi bakımından

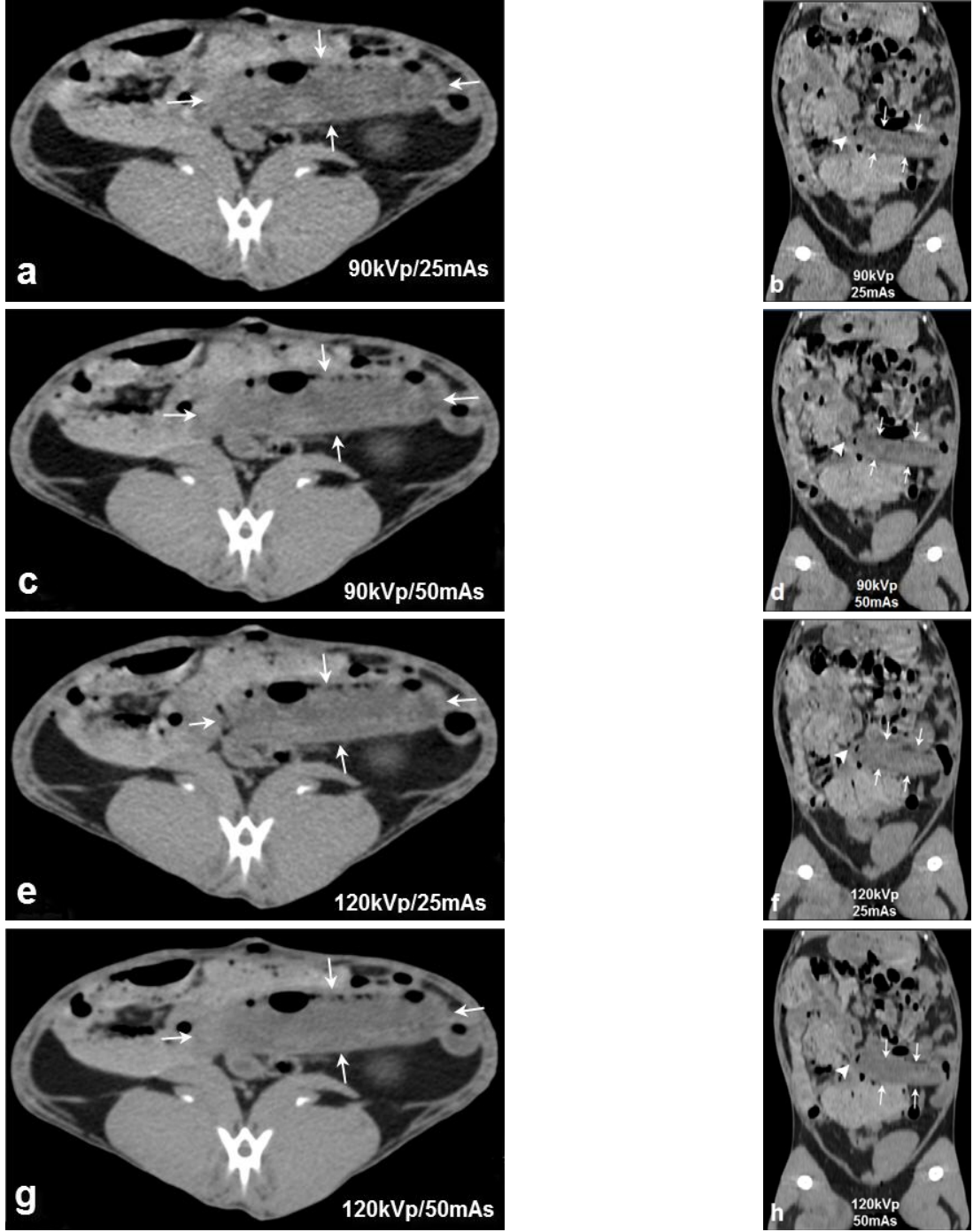
karşılaştırıldığında hepsinde istatistiksel olarak anlamlı fark saptandı ($p<0.01$).

TABLO-2: Normal apendiksli tavşanlarda farklı doz protokollerinde BT görüntü kalitesi

	Doz Protokolleri			
	90kVp/25mAs	90kVp/50mAs	120kVp/25mAs	120kVp/50mAs
Çok kötü	-	-	-	-
Kötü	4 (%14.3)	1 (%3.6)	-	-
Kabul edilebilir	9 (%32.1)	5 (%17.9)	2 (%7.1)	1 (%3.6)
İyi	1 (%3.6)	8 (%28.6)	12 (%42.9)	7 (%25.0)
Çok iyi	-	-	-	6 (%21.4)
Toplam	14	14	14	14

Apandisit oluşturulan tavşanların DDBT görüntülerinin görüntü kalitesi değerlendirme sonuçları ise Tablo-3'de verilmiştir. Buna göre tüm doz protokollerinde radyolojik değerlendirme için çok kötü ve kötü görüntü kalitesi saptanmadı (Resim-2). Kabul edilebilir görüntü kalitesi sadece 90 kVp/25 mAs ve 90 kVp/50 mAs incelemelerinde sırasıyla 10 (%71.4) ve 3 (%21.4) tavşanda izlenirken, 120 kVp/25 mAs ve 120 kVp/50 mAs incelemelerinde izlenmedi. Çok iyi görüntü kalitesi cerrahi öncesi incelemelerden farklı olarak cerrahi sonrası 90 kVp/50 mAs, 120 kVp/25 mAs ve 120 kVp/50 mAs incelemelerde sırasıyla 3 (%21.4), 3 (%21.4) ve 9 (%64.3) tavşanda izlendi (Resim-2).

Apandisit görüntülenmesinde çalışmamızda kullanılan en yüksek doz olan 120 kVp/50 mAs doz protokolü ile 90 kVp/25 mAs, 90 kVp/50 mAs ve 120 kVp/25 mAs doz protokolleri görüntü kalitesi bakımından karşılaştırıldığında 90 kVp/50 mAs ve 120 kVp/25 mAs doz protokollerinde $p=0.014$ ve 90 kVp/25 mAs doz protokolünde ise $p=0.001$ bulundu.



Resim-2: Deneysel apandisit modelinde görüntü kalitesi: Apandisit oluşturulmasını takiben 16.saatte farklı doz protokollerinde alınan transvers ve koronal kesitler. İçerisinde hava kabarcıkları olan sıvı dolu dilate apendiks lümeni (oklar) ve bağlanma noktası (ok başı) tüm doz protokollerinde net olarak izlenmekte ancak 90 kVp/25 mAs protokolünde görüntü belirgin şekilde granüllü izlenmektedir. Bu görüntülerde görüntü kalitesi a) kabul edilebilir, c) iyi, e) iyi, g) çok iyi olarak değerlendirildi.

TABLO-3: Apendisitli tavşanlarda farklı doz protokollerinde BT görüntü kalitesi

Doz Protokolleri				
	90kVp/25mAs	90kVp/50mAs	120kVp/25mAs	120kVp/50mAs
Çok kötü	-	-	-	-
Kötü	-	-	-	-
Kabul edilebilir	10 (%71.4)	3 (%21.4)	-	-
İyi	4 (%28.6)	8 (%57.1)	11 (%78.6)	5 (%35.7)
Çok iyi	-	3 (%21.4)	3 (%21.4)	9 (%64.3)
Toplam	14	14	14	14

Apendiksin görülmesi

Farklı doz protokollerinde normal apendiksin görülmesi Tablo-4’de, apandisit oluşturulmasını takiben değişik doz protokollerinde apendiksin görülmesi ise Tablo-5’de özetlenmiştir. Normal apendiksin görülebilirlik dereceleri karşılaştırıldığında 120 kVp/50 mAs doz protokolü ile 120 kVp/25 mAs doz protokolü arasında anlamlı fark saptanmadı ($p>0.05$). Ancak 90 kVp/25 mAs ve 90 kVp/50 mAs doz protokolleri ile 120 kVp/50 mAs doz protokolü arasında anlamlı fark saptandı (sırasıyla $p=0.014$ ve $p=0.025$).

Normal apendiksin görülmesinde şüpheli izlenenleri, kesin izlenenlere dahil edip değerlendirdiğimizde, 90 kVp/25 mAs’da %36, 90 kVp/50 mAs’da %64, 120 kVp/25 mAs ve 120 kVp/50 mAs’da %71 oranında apendiksi görüntüledik. Normal apendiksin görülmesi kesin, şüpheli ve izlenmiyor şeklinde değerlendirildiğinde apendiksin gösterilmesinde 120 kVp/50 mAs doz protokolü ile 90 kVp/25 mAs doz protokolü arasında orta ($\kappa=0.28$), 90 kVp/50 mAs doz protokolü ile iyi ($\kappa=0.48$) ve 120 kVp/25 mAs doz protokolü ile mükemmel ($\kappa=0.89$) uyum vardı (Tablo-4).

TABLO-4: Tavşanlarda değişik BT doz protokollerinde normal apendiksin görülmesi

BT Doz Protokolleri													
		90kVp/25mAs				90kVp/50mAs				120kVp/25mAs			
120kVp/50mAs Protokolü	Apendiksin görülmesi	Kesin	Şüpheli	İzlenmiyor	Toplam	Kesin	Şüpheli	İzlenmiyor	Toplam	Kesin	Şüpheli	İzlenmiyor	Toplam
	Kesin	2	2	2	6	2	4	0	6	5	1	0	6
	Şüpheli	0	1	3	4	0	3	1	4	0	4	0	4
	İzlenmiyor	0	0	4	4	0	0	4	4	0	0	4	4
	Toplam	2	3	9	14	2	7	5	14	5	5	4	14
Kappa		0.28				0.48				0.89			
		p=0.014				p=0.025				p>0.05			

TABLO-5: Tavşanlarda değişik BT doz protokollerinde apandisit görülmesi

BT Doz Protokolleri													
		90kVp/25mAs				90kVp/50mAs				120kVp/25mAs			
120kVp/50mAs Protokolü	Apendiksin görülmesi	Kesin	Şüpheli	İzlenmiyor	Toplam	Kesin	Şüpheli	İzlenmiyor	Toplam	Kesin	Şüpheli	İzlenmiyor	Toplam
	Kesin	9	2	0	11	11	0	0	11	11	0	0	11
	Şüpheli	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3	0	3
	İzlenmiyor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Toplam	9	5		14	11	3	0	14	11	3	0	14
Kappa		0.65				1.00				1.00			
		p>0.05				p>0.05				p>0.05			

Cerrahi sonrasında ise apendiksin görülebilirliği kesin ve şüpheli olgular birleştirildiğinde tüm doz protokollerinde %100 bulundu (Resim-2). Normal ve inflame apendiksin görülebilirliği açısından doz protokolleri karşılaştırıldığında yalnızca 90 kVp/25 mAs doz protokolü ile 120 kVp/50 mAs doz protokolü arasında istatistiksel olarak anlamlı fark izlendi ($p=0.005$). Diğer dozlar arasında fark görülmedi ($p>0.5$).

Apendiksin görülmesini etkileyen faktörler

120 kVp/50 mAs doz protokolünü dikkate alarak apendiksin görülmesini etkileyen faktörler araştırıldığında yalnızca periçekal yağ dokusunun yeterliliği ile normal apendiksin ($r=0.64$, $p=0.01$) ve apandisit ($r=0.70$, $p=0.005$) görülmesinde anlamlı korelasyon bulundu. Bunun dışında kalan diğer parametreler (vücut ağırlığı, abdomen ön-arka çapı, abdomen transvers çapı, abdomen çevresi) ile normal apendiks ve apandisit görülmesi arasında anlamlı korelasyon saptanmadı (Tablo-6).

TABLO-6: BT’de normal apendiks ve apandisit görülmesini etkileyen faktörler

	Apendiks görülmesi			
	Normal Apendiks		Apendisit	
	r	p	r	p
Vücut Ağırlığı (kg)	0.40	0.15	0.54	0.046
Abdomen ön-arka çap (mm)	0.24	0.41	0.41	0.14
Abdomen transvers çap (mm)	0.51	0.06	0.45	0.10
Abdomen çevresi (mm)	0.45	0.10	0.45	0.10
Periçekal yağın yeterliliği	0.64	0.01	0.70	0.005

r: Spearman rho değeri

Çalışmamızda kullanılan en yüksek doz olan 120 kVp/50 mAs doz protokolü ile apandisit oluşturulmasını takiben geçen sürenin apendiks görülmeye üzerine etkisi değerlendirildiğinde 16. saatte 7 tavşandan 1'inde şüpheli apandisit, 6'sında kesin apandisit izlenirken, 24. saat görüntülerde 7 tavşandan 2'sinde şüpheli apandisit, 5'inde kesin apandisit saptandı. İki farklı zaman periyodu arasında apendiks görülmeye açısından anlamlı fark izlenmedi ($p=0.29$). Cerrahi esnasında deneysel akut apandisit modeli oluşturulmasının 16. saatte olan tavşanlardan 2'sinde, 24. saatte olanlardan 1'inde apendiks perforasyon olduğu görüldü.

Apendiks çapı

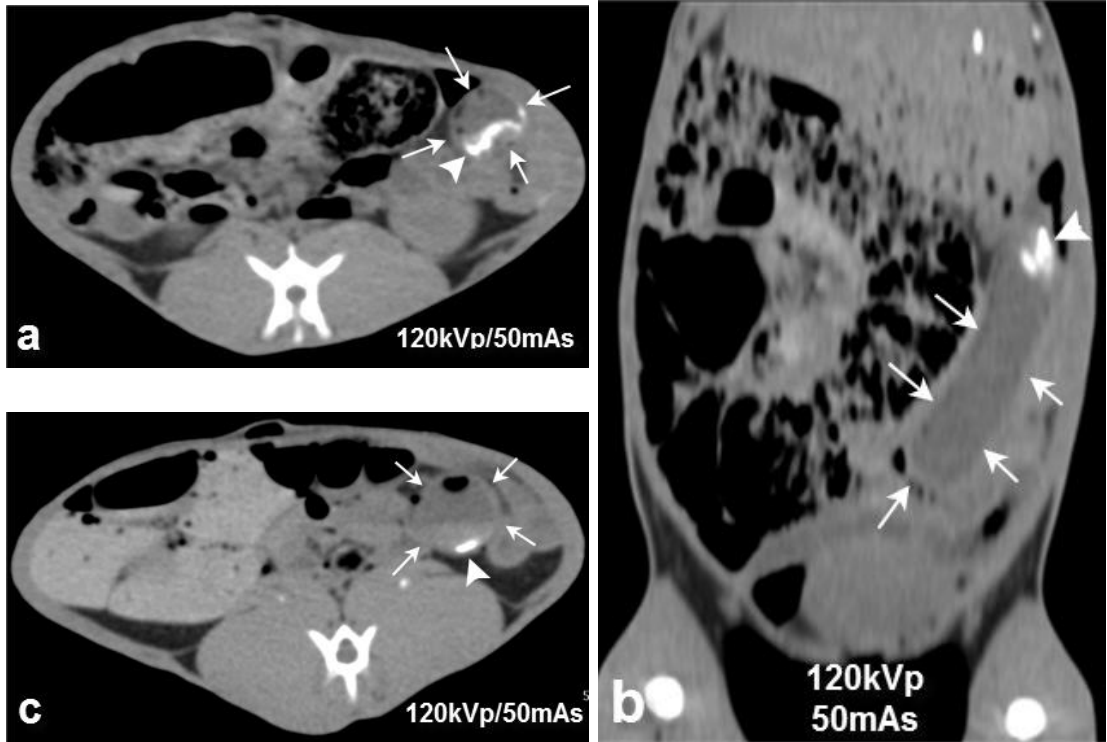
Çalışmamızda kullanılan en yüksek doz olan 120 kVp/50 mAs'da normal apendikslerin ortalama dış çapı 6.9 ± 3.4 mm (3-12.8 mm), apandisitli apendikslerin ortalama dış çapı 13.8 ± 3 mm (7.2-17 mm) ölçüldü. Ancak tavşan apendikslerinin çapları ve duvar kalınlıkları insanlardakiler ile uyumlu olmadığından çalışmamızda değerlendirme dışı tutuldu.

Apendiks lümen içeriği

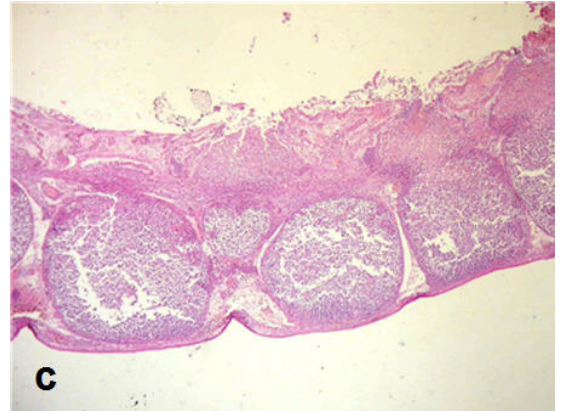
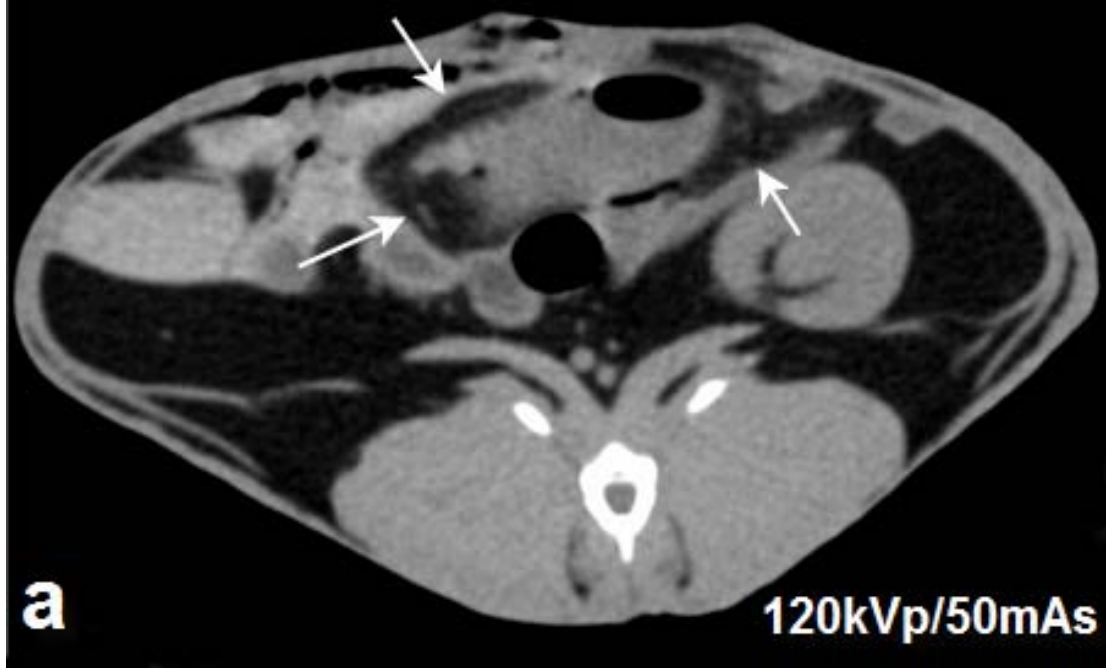
Apendiks lümen içeriği hava, sıvı, yüksek dansite, apandikolit olarak sınıflandırıldı. Apendiks lümen içerikleri (Resim-1,2,3)'de gösterilmiştir. Çalışmamızda kullanılan en yüksek doz olan 120 kVp/50 mAs doz protokolü ile normal ve apandisitli tavşanlarda apendiks lümen içeriği değerlendirildiğinde, yüksek dansite görünümü apandisitli tavşanlarda normal olanlara göre 6 kat daha fazla izlendi. Normal apendiks ve apandisitli tavşanların apendiks lümen içerikleri Tablo-7'de özetlenmiştir.

TABLO-7: Normal apendiksli ve deneysel apandisitli tavşanların apendiks lümen içerikleri

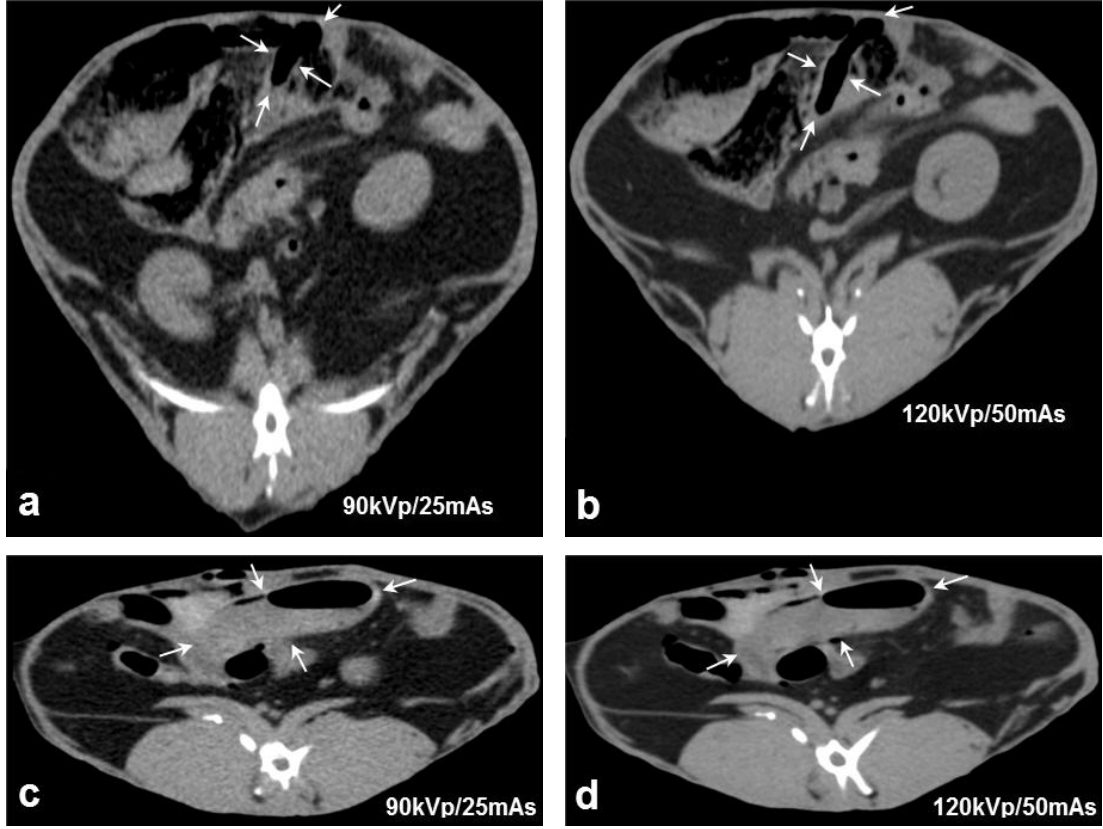
	Normal (n=14)	Apandisit (n=14)
Apandikolit	2 (%14.3)	3 (%21.4)
Difüz Hava	6 (%42.9)	-
Sıvı	6 (%42.9)	12 (%85.7)
Yüksek dansite	1 (%7.1)	6 (%42.9)



Resim-3: Apandisitte apandikolit görünümleri. Apendiksin bağlanması takiben 16.saatte elde olunan aksiyel (a) ve koronal (b) görüntülerde dilate apendiks (oklar) ve lümenin distal ucunda apandikolit (okbaşı) görünümü. c) başka bir tavşanda 24.saatte apandisite bağlı içinde kan-sıvı düzeyi bulunan dilate apendiks (oklar) ve apandikolit (okbaşı) görünümü.



Resim-4: Akut apandisitte periapendiksyel yağ dokusunda kirlenme, apandektomi spesimeni ve histopatolojik görünümü. a) Apendiksin bağlanmasıdan 16 saat sonraki BT kesitinde, dilate apendiks ve periapendiksyel yağ dokuda kirlenme (oklar). b) Aynı tavşanın apandektomi spesimeni. c) Cerrahi spesimenin histopatolojik görünümü (Hematoksilen ve Eosin boyama, X100). Apendiksyel mukoza çoğunlukla ülsere ve dökülmüş olup belirgin transmural nötrofil infiltrasyonu, yaygın nekroz ve komple mural yıkım izleniyor.



Resim-5: Normal apendiks ve deneysel apandisitte lümeni içerikleri. İki farklı doz protokolünde normal apendikte difüz hava görünümü (a-b), aynı tavşanın apendiksini bağlanmasını takiben 16.saatte elde olunan BT kesitlerinde lümen içinde hava-sıvı düzeyi izleniyor (c-d).

Düşük Doz BT'nin Tanısal Performansı

Dört farklı doz protokolünde apandisit varlığı ve yokluğu patoloji sonucu ile karşılaştırıldığında en düşük doz protokolü olan 90 kVp/25 mAs'da patolojik olarak apandisit tanısı alan olgulardan 6'sında şüpheli apandisit 8'inde, kesin apandisit sonucuna varılırken, diğer üç doz (120 kVp/50 mAs, 120 kVp/25 mAs, 90 kVp/50 mAs) protokolünde patolojik olarak apandisit tanısı alan olgulardan 4'ünde şüpheli apandisit, 10'unda kesin apandisit saptandı (Tablo-8).

TABLO-8: Apandisit tanısında DDBT protokollerinin tanısal performansı

BT Tanısı		Patolojik Tanı		
		Normal	Apandisit	Toplam
90 kVp/25 mAs	Normal	12 (%85.7)	-	12 (%42.9)
	Şüpheli	2 (%14.3)	6 (%42.9)	8 (%28.6)
	Apandisit	-	8 (%57.1)	8 (%28.6)
	Toplam	14 (%100)	14 (%100)	28 (%100)
90 kVp/50 mAs	Normal	12 (%85.7)	-	12 (%42.9)
	Şüpheli	2 (%14.3)	4 (%28.6)	6 (%21.4)
	Apandisit	-	10 (%71.4)	10 (%35.7)
	Toplam	14 (%100)	14 (%100)	28 (%100)
120 kVp/25 mAs	Normal	13 (%92.9)	-	13 (%46.4)
	Şüpheli	1 (%7.1)	4 (%28.6)	5 (%17.9)
	Apandisit	-	10 (%71.4)	10 (%35.7)
	Toplam	14 (%100)	14 (%100)	28 (%100)
120 kVp/50 mAs	Normal	13 (%92.9)	-	13 (%46.4)
	Şüpheli	1 (%7.1)	4 (%28.6)	5 (%17.9)
	Apandisit	-	10 (%71.4)	10 (%35.7)
	Toplam	14 (%100)	14 (%100)	28 (%100)

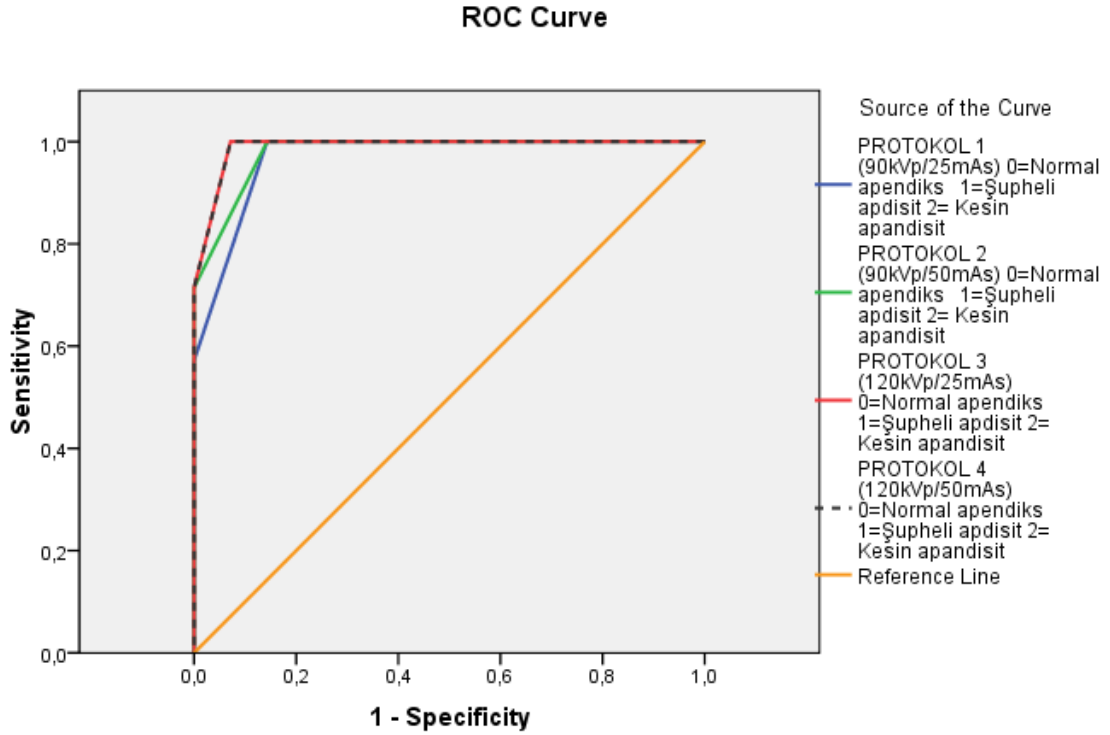
Apandisit tanısı koymada dört farklı doz protokolünde yapılan tüm incelemelerde apandisit tanısı kesin ve şüpheli olan olgular, apandisit var, diğerleri yok şeklinde düzenlenip, patoloji sonuçları ile karşılaştırıldığında, dört farklı DDBT protokolünün (90 kVp/25 mAs, 90 kVp/50 mAs, 120 kVp/25 mAs, 120 kVp/50 mAs) tanı koymadaki duyarlılığı, özgüllüğü, pozitif prediktif değeri, negatif prediktif değeri ve doğruluğu sırası ile 90 kVp/25 mAs ve 90 kVp/50 mAs doz protokolleri için %100, %86, %87, %100, %92, 120 kVp/25 mAs ve 120 kVp/50 mAs doz protokolleri için ise %100, %92; %93, %100, %96 olarak hesaplandı (Tablo-9).

TABLO-9: DDBT doz protokollerinin patoloji sonucuna göre tanısal performansları

	Duyarlılık (%)	Özgüllük (%)	PPD (%)	NPD (%)	Doğruluk (%)
90 kVp/25 mAs	100	86	87	100	92
90 kVp/50 mAs	100	86	87	100	92
120 kVp/25 mAs	100	92	93	100	96
120 kVp/50 mAs	100	92	93	100	96
Ortalama	100	89	90	100	94

PPD: Pozitif prediktif değer NPD: Negatif prediktif değer

Apandisit tanısı koymada dört farklı DDBT protokolünde apandisit tanısı; apandisit var, şüpheli apandisit ya da apandisit yok şeklinde değerlendirilip patoloji sonuçları ile karşılaştırıldığında, ROC eğrisi analizi ile eğri altında kalan alan 90 kVp/25 mAs, 90 kVp/50 mAs, 120 kVp/25 mAs ve 120 kVp/50 mAs doz protokolleri için sırasıyla 0.97 (0.96-1.02) 0.98 (0.96-1.02) 0.99 (0.91-1.02) ve 0.99 (0.94-1.02) bulundu. Dört farklı DDBT doz protokolünün tanısal performansları arasında anlamlı fark saptanmadı ($p>0.05$) (Şekil-2).



Şekil-2: Dört farklı DDBT doz protokolünde apendisit tanısı ile patolojik tanıların karşılaştırıldığı ROC eğrisi.

Gürültü ve efektif radyasyon dozu

Dört farklı doz protokolünde gürültüyü değerlendirmek amacıyla periçekal yağdan yapılan gürültü ölçümleri (SD) sonucu düşük doz protokol uygulamasında gürültü değerlerinde artış olduğu ve bu artışların standart doza en yakın olan 120 kVp/50 mAs doz protokolü uygulaması ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı olduğu bulundu ($p < 0.01$). Kontrast gürültü oranlarında (CNR) 120 kVp/50 mAs doz protokolü uygulaması ile karşılaştırıldığında diğer düşük doz protokollerinde azalma olduğu saptandı ($p < 0.01$). Dört farklı doz protokolünün ortalama gürültü ve CNR değerleri ve Tablo-10'da verilmiştir. Radyasyon dozu hacimsel BT doz indeksi ($CTDI_{vol}$) ile inceleme mesafesinin çarpımı olan doz uzunluk çarpımı ["Dose Length Product" (DLP)] olarak ifade edildi. Buna göre DLP, 120 kVp/50 mAs doz protokolünde 79.9 ± 9.5 mGycm, 120 kVp/25 mAs'da 41.1 ± 4.8 mGycm, 90 kVp/50 mAs'da 34.3 ± 4.1 mGycm ve 90 kVp/25 mAs'da 18.2 ± 2.2 mGycm'di.

TABLO-10: BT'de farklı doz protokollerinde gürültü ve CNR değerleri

	90 kVp/25 mAs		90 kVp/50 mAs		120 kVp/25 mAs		120 kVp/50 mAs	
	Ortalama ±SD	Değer aralığı	Ortalama ±SD	Değer aralığı	Ortalama ±SD	Değer aralığı	Ortalama ±SD	Değer aralığı
Sağ böbrek perinefrik yağ gürültüsü	13.3±2.8	9.7-20.3	10.5±3.7	5.4-23.0	9.8±3.03	6.0-19.7	7.9±3.4	4.6-20.5
CNR (Böbrek/yağ)	13.2±3.1	6.4-18.1	17.8±5.7	6.6-32.5	16.4±4.7	5.2-23.9	22.1±7.8	5.5-34.6
DLP (mGycm)	18.2±2.2	13.3-21.7	34.3±4.1	24.9-40.6	41.1±4.8	29.9-48.8	79.9±9.5	58.3-94.9

SD: Standart sapma, CNR: Kontrast gürültü oranı, DLP: Dose length product

TARTIŞMA

Akut apandisit en sık laparotomi gerektiren akut abdominal problemdir. Apandisitli hastaların, %50'sinde laboratuvar testleri ve klinik muayene bulguları yetersiz olup, doğurganlık çağındaki kadınlarda %35-45'e varan negatif laparotomiye sebep olmaktadır (1, 57). US ve BT'nin yaygın olarak kullanıma girmesiyle birlikte negatif apandektomi oranı %4'e düşmüştür (34). Akut apandisit in erken tanısında ön plana çıkan görüntüleme yöntemleri US ve BT'dir. Tanıda US, yaygın ve güvenilir şekilde kullanılmaktadır. Ancak operatör bağımlı olması ve tanı doğruluğunun tetkiki yapan kişinin tecrübesi ile doğru orantılı olması dezavantajdır. Helikal BT ise, US ile karşılaştırıldığında uygulayıcıya daha az bağımlı olması, normal apendiksin görüntülenmesine ve dolayısıyla akut apandisit tanısının dışlanmasına olanak sağlaması nedeniyle giderek artan sıklıkta kullanılmaktadır. Akut apandisit teşhisi için BT incelemesi genellikle oral ve/veya rektal ve intravenöz (IV) kontrast maddelerin kombinasyonları kullanılarak yapılmaktadır. BT incelemelerinde akut apandisit için kullanılan kriterler, büyük oranda US bulgularına dayanmaktadır (34). BT'de apandisit tanısı için kabul edilen dilate apendiks çapı için alt limit olan 6 mm, lümen içeriği hesaba katılmamış US ile ölçülen komprese kollabe apendiks çapını yansıtmaktadır.

Akut apandisit tanısında BT'nin doğruluğunu araştıran birçok çalışma vardır. Balthazar ve arkadaşları 1986 yılında yaptıkları bir çalışmada BT'nin akut apandisit tanısında başarılı bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır (27). 1991'de kontrastlı BT ile yapılan bir çalışmada BT'nin baryumlu inceleme ve dereceli kompresyonla yapılan US tekniğinden daha iyi sonuçlar verdiği belirtilerek, %98 duyarlılık, %83 özgüllük ve %93 doğruluk oranı bildirilmiştir (33). Balthazar ve arkadaşlarının başka bir çalışması akut apandisit tanısında BT'nin US'ye göre doğruluğunun daha yüksek olduğunu göstermiştir (2). Akut apandisit tanısında BT ve dereceli kompresyonlu US'nin karşılaştırıldığı başka bir çalışmada BT ve US benzer özgüllük (%89 ile %91) ve pozitif prediktif değere (%96 ile %95) sahip olmakla birlikte,

BT'nin duyarlılığı (%96 ile %76), negatif prediktif değeri (%95 ile %76) ve doğruluğu (%94 ile %83) US'den daha yüksek bulunmuştur (2). Ayrıca perfore apandisit tanısında US'nin duyarlılık ve özgüllüğü daha düşük olup, perforasyon geliştiğinde komprese olmayan apendiks hastaların yalnızca %38 ile %55'inde görülebilir (13). US'de perfore apandisit tanısı sekonder bulguların varlığına dayanır. BT periapendiksiyel inflamasyonu daha yüksek doğrulukla gösterir ve apandisit dışında akut batına neden olan diğer hastalıkların teşhisinde yararlıdır. Ayrıca BT normal apendiksi göstererek ayırıcı tanılardan akut apandisit teşhisini çıkartabilir. Biz bu çalışmamızda deneysel tavşan akut apandisit modelinde kontrastsız DDBT'nin normal apendiksi ve apandisiti göstermedeki doğruluğunu araştırdık.

Normal apendiksin değerlendirilmesinde kontrastsız BT

Apandisit değerlendirmesinde kontrastsız BT verilen kontrast maddenin risklerini ortadan kaldırıp, maliyeti azalttığından ve tetkik süresini kısalttığından avantajlıdır. Kontrastsız BT oral veya rektal kontrast madde verilmeden, yalnız intravenöz (IV) kontrast madde verilerek ya da oral/rektal, IV herhangi bir kontrast madde verilmeden yapılabilir. Kontrast madde verilmeden yapılan standart doz ve DDBT çalışmalarında normal apendiksi göstermede kontrastsız BT'nin yeterli olduğu bildirilmiştir (34, 55). Benjaminov ve arkadaşları (34) 187 olgunun dahil edildiği oral, IV veya rektal kontrast verilmeksizin yapılan abdominal BT çalışmasında üç bağımsız radyolog tarafından normal apendiksi değerlendirmişlerdir. Normal apendiksin çoğunluğunun kontrastsız BT'de görülebileceğini belirtmiş ve %79 oranında normal apendiksi görüntülemişlerdir. Bursalı ve arkadaşları (55) 234 olguda retrospektif olarak normal apendiksin görüntülenmesini oral, rektal ya da IV kontrast madde kullanmadan 120 kVp/20 mAs'lık DDBT doz protokolü ile yaptığı çalışmada, normal apendiksin kontrastsız DDBT'de görüntülenebileceğini belirtmiş ve %64-73 oranında normal apendiksi göstermişlerdir. Karabulut ve arkadaşları (35) akut yan ağrısı olan 68 olguda oral, rektal veya IV kontrast madde vermeksizin çekilen standart doz BT ve düşük doz BT'lerin değerlendirildiği çalışmalarında normal apendiksin SDBT ve DDBT'de yüksek güvenilirlikte görüntülenebileceğini belirtmiş ve normal

apendiksi sırasıyla %78, %73 oranında göstermişlerdir. Bu çalışmalara bakılarak kontrastsız BT'nin normal apendiksi ve apandisit göstermede başarılı olduğu sonucuna varılabilir. Çalışmamızda tavşanlarda dört farklı kontrastsız DDBT doz protokolünde normal apendiksi 90 kVp/25 mAs'da %36, 90 kVp/50 mAs'da %64, 120 kVp/25 mAs ve 120 kVp/50 mAs'da %71 oranında görüntüledik.

Normal apendiksin BT görünümünü araştıran bir çalışmada apendikslerin %42'sinde çap 6 mm'den fazla bulunmuştur (38). Keyzer ve arkadaşlarının (28) akut apandisit değerlendirmede kontrastsız düşük doz ve standart doz BT'yi karşılaştırdıkları çalışmalarında efektif mAs'ın 100 mAs'dan 30 mAs'a düşürülmesi ile efektif doz yaklaşık üçte birine düşerken her iki dozda apendiks görülme sıklığında ve apandisit teşhisinde farklılık izlenmemiştir. Aynı çalışmada ortalama apendiks çapı apandisit olanlarda 11.7 ± 0.2 mm, normal apendikte ise 6.3 ± 0.3 mm olarak bildirilmiştir. Multidedektör BT'de multiplanar görüntüleme ile normal apendiksi değerlendiren Jan ve arkadaşlarının (58) yakın zamanlı çalışmasında apendiks ortalama dış transvers çapı 5.6 ± 1.3 mm (3.0-11.0 mm) olarak ölçülmüştür. Üst sınırın 11 mm'ye ulaşması nedeniyle apandisitte yanlış pozitif teşhisleri azaltmak için apendiks çapında "ortalama +3 SD" değerini baz alarak 10 mm'yi sınır olarak önermişlerdir (58). Benjaminov ve arkadaşlarının (34) kontrastsız helikal BT'de normal apendiksi değerlendirdikleri çalışmalarında normal apendiks çapı ortalama 6.6 ± 1.0 mm (4-11 mm) belirtilmiştir. İçerik görüntülenemediğinde ve periapendiksiyel inflamasyon olmadığında normal apendiks ortalama çapı üst sınırının 10 mm (ortalama + 3 SD) olması gerektiği öne sürülmüştür (34). Bursalı ve arkadaşlarının yakın zamanlı kontrastsız düşük doz helikal BT'de normal apendiksi değerlendirdikleri çalışmalarında ise apendiks kalınlığı intralüminal içeriğin izlenebildiği olgularda 3.4 ± 0.6 mm (2-4 mm), intralüminal içeriğin izlenemediği olgularda 5.1 ± 0.25 mm (5-6 mm) ölçülmüştür (55). Akut apandisitli hastalarda belirsiz BT bulgularının insidansının araştırıldığı bir çalışmada, BT bulgusu belirsiz olan hastaların %39'una cerrahi olarak apandisit tanısı konmuştur. Bu tetkiklerin yeniden değerlendirilmesinde

periapendiksiyel inflamasyon olmadan yalnızca apendiks çapında 9 mm ve daha fazla genişleme olan hastaların yarısında apandisit saptanırken, 9 mm'den daha az apendiks çapı olanların %15'inden daha azında apandisit bulunmuştur (59). Çalışmamızda kullanılan en yüksek doz olan 120 kVp/50 mAs'da normal apendikslerin ortalama dış çapı 6.9 ± 3.4 mm (3-12.8 mm), apandisitli apendikslerin ortalama dış çapı 13.8 ± 3 mm (7.2-17 mm) ölçüldü. Ancak tavşan apendikslerinin çapları ve duvar kalınlıkları insanlardakilerden farklı olabileceğinden çalışmamızda değerlendirme dışı tutuldu.

Tamburini ve arkadaşları (38) normal apendiks BT görünümünü belirlemek için yaptıkları çalışmada ise oral ve intravenöz kontrast madde sonrası elde edilen BT görüntülerinde normal apendiksi değerlendirmişlerdir. Normal apendiks BT'de kalınlık, lokalizasyon ve lümen içeriklerinin bilinmesinin apandisit tanısının doğruluğunu artıracığı sonucuna varmışlardır. Bizim çalışmamız deneysel hayvan modeli olduğundan ve tavşanların apendiks lokalizasyonları insandaki ile birebir örtüşmediğinden apendiks yerleşimleri değerlendirmedik. Ancak apendiks lümen içerikleri değerlendirildiğinde apandisitli apendikslerin lümeninde difüz hava hiç görülmezken %21 apandikolit, %86 sıvı ve %43 hiperdens görünüm izlendi. Apandisitte lümeninde sıvı 2 kat ve yüksek dansiteli görünüm 6 kat fazla sıklıkta izlendi.

Akut apandisit değerlendirilmesinde kontrastsız BT

Lane ve arkadaşları (25) akut apandisit şüphesi olan 300 hastanın abdominopelvik kontrastsız BT'lerini değerlendirdikleri çalışmalarında, oral, rektal ya da IV kontrast madde kullanmadan, barsak temizliği için ön hazırlık yapmadan US'ye alternatif olarak kısa sürede yapılan bu tetkikte apandisit tanısı koymada duyarlılık %96, özgüllük %99, pozitif prediktif değeri, %97 negatif prediktif değeri ve %97 doğruluğu olduğunu bildirmişlerdir. Malone ve arkadaşlarının (4) akut apandisit açısından atipik kliniği olan 211 olguda oral, rektal veya intravenöz kontrast madde kullanılmadan yapılan BT tetkiklerinin değerlendirilmesinde, akut apandisit tanısında %87 duyarlılık, %97 özgüllük, %94 pozitif prediktif değer, %93 negatif prediktif değer ve %93 doğruluk

oranına ulaşımlardır. Poortman ve arkadaşlarının (60) akut apandisit şüphesi olan 199 olguda oral, rektal ya da IV kontrast madde kullanmadan yapılan çalışmasında kontrastsız BT'nin akut apandisitte tanısall performansı %76 duyarlılık, %83 özgüllük, %78 pozitif prediktif değeri, %90 negatif prediktif değeri ve %64 doğruluk oranında bulunmuştur. Rao ve arkadaşları (3) oral ve rektal kontrast madde uygulanmasını takiben IVKM vermeksizin sağ alt kadrana yönelik helikal BT incelemesinin tetkiki hızlandırdığını ve %100 duyarlılık, %95 özgüllük, %97 pozitif prediktif değeri, %100 negatif prediktif değeri ve %98 doğruluğu olduğunu bildirmişlerdir. Platon ve arkadaşları (61) akut apandisit şüphesi olan 86 olguda yalnızca oral kontrast madde kullandıkları DDBT (30 mAs) ve IV kontrast maddeli SDBT (180 mAs)'de apandisit belirlenmesinde sırası ile duyarlılığın %95 ve %100, özgüllüğün %96 ve %96 olduğunu belirtmişlerdir. Literatürdeki bu sonuçlar akut apandisit tanısında kontrastsız BT'nin güvenilir olduğunu göstermektedir. Bizim çalışmamızda herhangi bir oral, rektal veya IV kontrast madde kullanmadık. Çalışmamızda dört farklı kontrastsız DDBT doz protokolünde apandisit tanısını var ya da yok şeklinde düzenleyip, patoloji sonucuyla karşılaştırdığımızda 90 kVp/25 mAs ve 90 kVp/50 mAs doz protokolleri için duyarlılığı, özgüllüğü, pozitif prediktif değeri, negatif prediktif değeri ve doğruluğu sırası ile %100, %86, %87, %100, %92 bulunurken ve 120 kVp/25 mAs ve 120 kVp/50 mAs doz protokolleri için ise sırası ile %100, %92, %93, %100, %96 olarak bulduk.

BT'de apendiksin görülmesini etkileyen faktörler

Benjaminov ve arkadaşları (34) apendikslerin görüntülenmesinde peritoneal yağın yeterli olmasının önemli olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında üç değerlendiriciye göre de intraperitoneal yağın daha az olduğu hastalarda apendiks görüntülenme sıklığı anlamlı bir şekilde düşük çıkmıştır. Grayson ve arkadaşları (62) 248 çocuk olguda yapılan BT'de intraperitoneal yağ miktarı ile normal apendiksin görülmesi arasında korelasyon olduğunu belirtmişlerdir. Bunların tersine Jan ve arkadaşları (58) 108 olguya yapılan kontrastlı ve kontrastsız ÇKBT'de peritoneal yağın yeterliliği ile apendiksin görüntülenmesi arasında korelasyon olmadığını

belirtmişlerdir. Karabulut ve arkadaşlarının (35) çalışmasında da SDBT ve DDBT’de abdomen ölçümleri, viseral ve periçekal yağ doku kalınlığı ile apendiksin görülmesi arasında anlamlı bir korelasyon bulunmamıştır. Bizim çalışmamızda vücut ağırlığı, abdomen boyutları ve periçekal yağın yeterliliği ile normal apendiksin ve apandisitinin görüntülenmesini değerlendirdiğimizde periçekal yağın yeterliliği dışında kalan diğer değişkenlerde (vücut ağırlığı ve abdomen boyutları) anlamlı korelasyon izlemedik. Ancak periçekal yağ ile normal ve inflame apendiksin görülmesi arasında iyi derecede bir korelasyon vardı (sırası ile $r=0.64$, $p=0.01$ ve $r=0.70$, $p=0.005$). Periçekal yağın yeterli olması apendiksin komşu barsak segmentlerinden ayrımını kolaylaştırdığı için normal ve inflamasyonlu apendiks daha net seçilmektedir.

Akut apandisit tanısında düşük doz BT uygulamaları

BT’nin iyonizan radyasyon içermesi ve akut apandisitten kuşku edilen hastaların genellikle yaşlarının genç olması nedeniyle radyasyon dozu önemli bir çekince oluşturmaktadır. X-ışınlarının doku üzerindeki etkileri doğrudan dokuyu oluşturan atom ve molekülleri iyonize etmesiyle ya da dolaylı yoldan serbest radikal oluşumuna yol açarak ortaya çıkabilir. Bu etkiler deterministik ve stokastik olarak iki grupta incelenir. Deterministik etki belli bir doz eşiğinin üzerinde ortaya çıkan ve doz arttıkça şiddeti artan ciltte eritem, katarakt gibi etkilerdir. Daha çok korkulan ve tanısız radyasyonla da ortaya çıkabilecek kanser gelişimi ve genetik değişiklikler gibi stokastik etkilerin oluşması için doz eşiği gerekmez ve doz arttıkça etkinin şiddeti değil olasılığı artar (42). Bu nedenlerle son yıllarda düşük doz BT çalışmaları giderek önem kazanmaktadır. Yapılan çalışmalarda BT’nin tüm radyolojik incelemelerin %3-5’ini oluşturduğu, ancak hastaların maruz kaldığı radyasyon dozunun %35-45’inden sorumlu olduğu bildirilmiştir (36). BT’nin yaygın kullanımı ve helikal BT’de ince kesitlerle hızlı multifazik görüntüleme gibi giderek artan teknolojiler hastaların aldığı radyasyon dozunda potansiyel artışa neden olmaktadır. Bu nedenle mümkün olan en az radyasyon vererek tanısız görüntü elde etmek için düşük doz BT çalışmaları gündeme gelmiştir. “ALARA” prensibine (As Low As Reasonably Achievable) uygun olarak

düzenlenmiş parametrelerle yapılacak tetkikler hastalara gereksiz radyasyon verilmesini önleyecektir.

Radyasyon dozunu düşürmenin çeşitli yolları vardır. Bunlardan biri tarama alanını azaltmak yani kısıtlı tetkik yapmaktır. Apendiks yerleşiminde varyasyon olabileceğinden ve hastaların diğer önemli patolojilerini belirlemede bunu yapmak uygun değildir. Bir diğer yolu ise arada boşluklar bırakarak ince kesitler almaktır. Evans ve arkadaşları (63) yaptıkları çalışmada kolimasyonu 10 mm'den 3 mm'ye düşürerek 10 mm kesit aralığında tarama yaptıklarında 10 mm kolimasyona göre dozda %40 azalma sağlamışlardır. Ancak bu yöntemde apendiksin boylu boyunca izlenmesi mümkün olmamaktadır. Yapılan bir çalışmada BT'den alınan radyasyon dozunu azaltmak için en sık tercih edilen modifikasyonun düşük mAs ve artmış pitch değeri olduğu gösterilmiştir (52). Helikal BT'de tek başına pitch değerini artırmak tarama zamanını kısaltarak hasta dozunu azaltır. Pitch değerinde yapılan iki kat artış radyasyon dozunu yarı yarıya azaltır (41). Ancak pitch değerinin artırılması, efektif kesit kalınlığının artmasına neden olur. Kesit kalınlığının arttırılmasıyla piksel başına daha fazla foton düşeceğinden gürültü azalacaktır (64). Ancak kesit kalınlığının artması lezyonların kaçırılması ve artefaktlarda artışla sonuçlanabilir (41). Hasta dozunu azaltmak amacıyla mAs'ın düşürülmesi de görüntü kalitesinde bozulmaya neden olabilir. Radyasyon dozunu azaltmada tüp voltajını azaltma ile doku kontrastı, gürültü ve hastanın boyutlarına bağlı olarak alınan radyasyon dozu arasında kompleks bir ilişki olduğundan, tüp voltajı DDBT doz protokollerinde genelde sabit tutulmuştur (46). Ancak Dion ve arkadaşlarının (53) abdominal BT incelemelerinde doz azaltımında düşük kVp ve düşük mAs kullanarak elde edilen görüntüleri karşılaştıran çalışmasında düşük kVp protokolünün görüntü kalitesi daha iyi bulunmuştur. Buna dayanarak zayıf yetişkin veya çocuklarda abdominal BT'de doz azaltmada düşük kVp protokolünü düşük mAs'a alternatif olarak önermişlerdir. Biz bu çalışmamızda hem tüp akımı hem de tüp voltajını azaltarak radyasyon dozunu en düşük düzeyde tutabilmek amacıyla efektif tüp akımını 25 mAs veya 50 mAs ve efektif tüp voltajını 90kVp veya 120 kVp olarak seçtik. Kolimasyon kalınlığının arttırılması, otomatik tüp akımı

ayarlaması, hassas organları koruma gibi daha birçok yöntemlede hastaya verilen radyasyon dozu azaltılabilir (35, 46). Görüldüğü üzere birçok parametre görüntü oluşumunda etkili olmaktadır. Bir tarama protokolü oluştururken bütün bu faktörler ve hastanın alacağı radyasyon dozu göz önünde bulundurulmalıdır.

Apendiks gibi düşük kontrasta sahip yapıların değerlendirilmesinde düşük doz BT kullanımı sınırlı olmakla birlikte, normal apendiksin gösterilmesinde ve akut apandisit tanısında literatürde düşük doz BT'nin etkinliğini araştıran çalışmalar mevcuttur (35, 54, 55, 65). Hörmann ve arkadaşlarının (7) deneysel akut apandisit modeli oluşturulan tavşanlarda çok kesitli BT'de düşük doz protokollerinin (80 kVp/70 mAs, 80 kVp/50 mAs, 80 kVp/20 mAs) görüntü kalitesine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada en düşük 80 kVp/20 mAs doz protokolünde 10 tavşandan 9'unda iyi görüntü kalitesi ve 1 tavşanda orta derecede görüntü kalitesi değerlendirilmiştir. Karabulut ve arkadaşlarının (35) akut yan ağrısı ile gelen 68 olguda oral, rektal ve IV kontrast madde vermeksizin yapılan DDBT (30 mAs veya 50 mAs) ile normal apendiksin değerlendirildiği çalışmalarında görüntü kalitesi birinci radyolog için genelde iyi (%69) olup, sadece %4 olguda görüntü kalitesi yetersiz olarak değerlendirilmiştir. İkinci radyolog tarafından DDBT incelemelerinde yetersiz görüntü kalitesi saptanmamıştır. Bizim çalışmamızda DDBT incelemelerinde görüntü kalitesi 90 kVp/25 mAs'da genelde kabul edilebilir (%71), 90 kVp/50 mAs'da iyi (%57) ve 120 kVp/25 mAs'da ise iyi (%79) bulduk. Ayrıca normal apendiksin ve apandisitinin görülmesinde en yüksek doz olan 120 kVp/50 mAs'a göre 90 kVp/25 mAs, 90 kVp/50 mAs, 120 kVp/25 mAs doz protokollerinde alınan radyasyon dozunda sırası ile %77, %57, %49 oranında azalma sağladık. Çalışmamızda tüp akımının düşürüldüğü 120 kVp/25 mAs'da, tüp voltajının düşürüldüğü 90 kVp/50 mAs doz protokolüne göre görüntü kalitesi daha iyi bulundu. Bu sonuç düşük tüp voltajında daha iyi görüntü kalitesi bildiren Dion ve ark.'nın (53) çalışmasıyla uyusmaktadır. Ancak alınan radyasyon dozunda voltajın düşük tutulmasıyla daha fazla azalma sağlandı (%49'a karşı %57 azalma). Bu bulgu alınan radyasyonun tüp akımının kendisiyle ve tüp voltajının ise karesiyle doğru orantılı olması

bilgiyle açıklanabilir (46). Ayrıca tüp voltajı gürültü ile ters orantılı olup doku kontrastını da etkiler. Bu nedenle radyasyon dozunu düşürmede tüp akımının değiştirilmesi tüp voltajının değiştirilmesine göre daha çok tercih edilmektedir. Çalışmamızda tüm doz protokollerinde radyolojik değerlendirme için çok kötü ve kötü görüntü kalitesi saptanmadı. Kabul edilebilir görüntü kalitesi sadece 90 kVp/25 mAs ve 90 kVp/50 mAs incelemelerinde sırasıyla %71 ve %21 tavşanda izlenirken, 120 kVp/25 mAs ve 120 kVp/50 mAs incelemelerinde izlenmedi. Çok iyi görüntü kalitesi cerrahi öncesi incelemelerden farklı olarak cerrahi sonrası 90 kVp/50 mAs, 120 kVp/25 mAs ve 120 kVp/50 mAs incelemelerde sırasıyla %21, %21 ve %64 tavşanda izlendi. Bunun nedeninin apandisitte dilate olan apendikslerin daha net tanınmasına bağlı görüntü kalitesinde subjektif bir iyileşme olduğunu düşünüyoruz. Sonuç olarak düşük dozlarda görüntü kalitesi azalmasına rağmen apandisit tanısında BT'nin tanısal performansı anlamlı derecede etkilenmemektedir.

Bursalı ve arkadaşları (55) kontrastsız DDBT'de normal apendiksin çoğunlukla görüntülenebildiğini göstermişlerdir. Karabulut ve arkadaşları (35) kontrastsız DDBT'de SDBT'ye göre radyasyon dozunu %71-82 oranında azaltarak normal apendiksin yüksek güvenilirlikte gösterilebileceğini belirtmişlerdir. Keyzer ve arkadaşlarının (28) akut apandisit teşhisinde düşük doz (efektif 30 mAs) ve standart doz (efektif 100 mAs) kontrastsız multidedektör BT'yi karşılaştıran çalışmasında apendiks görülmesi ve apandisit tanısında iki teknik arasında fark izlenmemiştir. Bu çalışmada DDBT ve SDBT'nin tanısal doğruluğu sırası ile %86-95 ve %87-95 olarak belirtilmiştir. Fefferman ve arkadaşları (54) çocuklarda apandisit teşhisinde standart doz ile elde edilen imajların üzerinden fantoma dayalı simulasyon tekniği ile oluşturdukları DDBT (20 mAs) ile SDBT'nin (60-280 mAs) tanısal doğruluklarını sırası ile %86 ve %92 olarak bildirmiştir. Platon ve arkadaşları (61) oral kontrastlı DDBT (30 mAs) ve IV kontrast maddeli SDBT (30 mAs) tetkiklerinden oluşan çalışmalarında apandisiti değerlendirmede DDBT ve SDBT için sırası ile %95 ve %98 doğruluk oranı bildirmişlerdir. Seo ve arkadaşları (66) 207 olguda oral, rektal veya IV kontrast madde olmaksızın yapılan DDBT (40-130 mAs) ve SDBT tetkiklerinde (80-240 mAs) apandisit

için tanısal doğruluğu sırası ile %97-98 ve %96-98 olarak bildirmişlerdir. Çalışmamızda apandisit tanısı koymada dört farklı doz protokolü ile tüm incelemeleri apandisit tanısı var ya da yok şeklinde düzenleyerek patoloji sonuçları ile karşılaştırdığımızda, dört farklı DDBT protokolünün tanı koymadaki doğruluğunu 90 kVp/25 mAs ve 90 kVp/50 mAs protokolleri için %92 ve 120 kVp/25 mAs ve 120 kVp/50 mAs doz protokolleri için %96 olarak hesapladık (Tablo-11).

Tablo-11: Literatürdeki benzer çalışmaları karşılaştırma

	Olgu (n)	BT	Tarama Parametreleri	KM	Değerlendi rilen yapı	Doğruluk (%)
Çalışmamız	Tavşan (14)	DDBT	90 kVp/25 mAs	-	Apandisit	92
		DDBT	90 kVp/50 mAs	-	Apandisit	96
Hörmann (7)	Tavşan (14)	DDBT	120 kVp/25 mAs	-	Apandisit	96
		DDBT	120 kVp/50 mAs	-	Apandisit	96
Bursalı (55)	İnsan (234)	DDBT	120 kVp/20 mAs	-	Apendiks	71
Keyzer (28)	İnsan (94)	DDBT	120 kVp/30 mAs	-	Apandisit	86-95
		SDBT	120 kVp/100 mAs	-	Apandisit	87-95
Fefferman (54)	Fantom (100)	DDBT	120 kVp/20 mAs	Oral ve IVKM	Apandisit	86
		İnsan (100)	SDBT	Oral ve IVKM	Apandisit	92
Karabulut (35)	İnsan (68)	DDBT	120 kVp/30 mAs	-	Apendiks	73
		SDBT	120 kVp/50 mAs	-	Apendiks	78
Platon (61)	İnsan (86)	DDBT	120 kVp/30 mAs	Oral KM	Apandisit	95
		SDBT		Oral ve IVKM	Apandisit	98
Seo (66)	İnsan (207)	DDBT	120 kVp/40-130 mAs	-	Apandisit	97-98
		SDBT		IVKM	Apandisit	96-98

DDBT: Düşük doz BT; SDBT: Standart doz BT; IV: intravenöz; KM: kontrast madde

Çalışmamızda normal apendiksini 90 kVp/25 mAs'da, 90 kVp/50 mAs'da, 120 kVp/25 mAs'da ve 120 kVp/50 mAs'da elde edilen kontrastsız DDBT tetkiklerinde izlenme oranları sırasıyla %36, %64, %71 ve %71 olarak bulundu. Bursalı ve arkadaşları (55) oral, rektal ya da IV kontrast madde kullanılmadan 120 kVp/20 mAs DDBT doz protokolünde kadınlarda %64 ve erkeklerde %73 oranında normal apendiks izlenmiştir. Keyzer ve arkadaşlarının (28) akut apandisitini değerlendirilmede oral, rektal ya da IV kontrast madde kullanmadan efektif dozu yaklaşık üçte birine düşürmüşler ve apendiksi DDBT ve SDBT'de sırası ile %79-86 ve %83 oranında görüntülemişlerdir. Karabulut ve arkadaşlarının (35) oral, rektal ya da IV kontrast madde kullanmadan SDBT ve DDBT'yi karşılaştırdıkları çalışmasında normal apendiksini gözlenmesi sırası ile %78 ve %73 doğrulukta bildirilmiştir.

Çalışmamızda kullanılan en yüksek doz olan 120 kVp/50 mAs doz protokolü ile apandisit oluşturulmasını takiben geçen sürenin apendiksini görülmesi üzerine etkisi değerlendirildiğinde 16. saatte 7 tavşandan 1'inde şüpheli apandisit, 6'sında kesin apandisit izlenirken, 24. saat görüntülerde 7 tavşandan 2'sinde şüpheli apandisit, 5'inde kesin apandisit olarak izlendi. İki farklı zaman periyodu arasında apendiks görülmesi açısından anlamlı fark izlenmedi ($p=0.29$). Cerrahi esnasında deneysel akut apandisit modeli oluşturulmasının 16. saatte olan tavşanlardan 2'sinde, 24. saatte olanlardan 1'inde apendiksini perforasyon olduğu görüldü. Hörmann ve arkadaşları (7) deneysel akut apandisit modeli oluşturulan tavşanlarda çok kesitli BT'de düşük doz protokollerinin görüntü kalitesine etkisini araştırdıkları çalışmalarında apandisit oluşumu için ortalama 627 ± 24.7 dakika (575-660 dakika) beklemişlerdir. Çalışmamızdaki bulgular apandisit BT görünümünün 16. saatte oturduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda apandisit tanısı koymada dört farklı doz protokolüyle apandisit tanısı; apandisit var, şüpheli apandisit ya da apandisit yok şeklinde düzenlenip patoloji sonuçları ile karşılaştırıldığında ROC eğrisi altında kalan

alan 90 kVp/25 mAs, 90 kVp/50 mAs, 120 kVp/25 mAs, 120 kVp/50 mAs doz protokolleri için sırasıyla 0.97, 0.98, 0.99 ve 0.99 bulundu. Dört farklı DDBT doz protokolünün tanısal performansında anlamlı fark saptanmadı ($p>0.05$).

Çalışmamızın bazı kısıtlılıkları vardır. Birincisi, çalışma grubunu oluşturan olgu sayısının kısıtlı olması nedeni ile istatistiksel analizde nonparametrik testler kullanıldı. Ancak deneysel çalışmalarda bu kabul edilebilir sınırlılıktır. İkincisi, görüntüler iki radyolog tarafından konsensusla değerlendirildiği için farklı radyologlar arasında görüntüleri değerlendirmede oluşabilecek muhtemel farklılıklar ortaya konamadı. Üçüncüsü, tavşan apendiksinin duvar kalınlığı ve yerleşimi insanlardan farklı olduğundan apendiks duvar kalınlığı, çapı ve yerleşimi değerlendirme dışı bırakıldı. Ancak çalışmamızdaki amaç normal apendiks ve apandisit boyutu veya yerleşimi değil, farklı düşük doz protokollerinin apendiksin görülebilirliği üzerindeki etkisini değerlendirmek olduğundan bu kısıtlılık çalışmamızın sonuçlarını etkilememektedir.

SONUÇLAR

Bu çalışmada tavşanlarda oluşturulan deneysel apandisit modelinde iki ayrı zaman periyodundaki morfolojik değişiklikleri, dört farklı kontrastsız düşük doz BT protokolü ile değerlendirerek, görüntü kalitesini ve değişik dozlardaki ÇKBT'nin tanısal etkinliğini araştırdık. Çalışmamızda şu sonuçlar elde edilmiştir:

1. Normal apendiksin ve apandisitinin görülmesinde en yüksek doz olan 120 kVp/50 mAs'a göre 90 kVp/25 mAs, 90 kVp/50 mAs ve 120 kVp/25 mAs doz protokollerinde alınan radyasyon dozunda sırası ile %77, %57 ve %49 oranında azalma sağlandı. Ancak gürültü en yüksek doz olan 120 kVp/50 mAs'a göre 90 kVp/25 mAs, 90 kVp/50 mAs ve 120 kVp/25 mAs doz protokollerinde sırası ile %68, %32 ve %24 daha fazla idi. Buna göre tüp voltajındaki %25 düşme, dozda %57 azalmaya ve gürültüde %32 artışa neden olurken, tüp akımındaki %50 azalma ise dozda %49 azalma ve gürültüde %24 artışa yol açmaktadır.

2. Düşük dozlarda görüntü kalitesi azalmasına rağmen apandisit tanısında BT'nin tanısal performansı anlamlı derecede etkilenmemektedir.

3. Apendiks görülmesi, şüpheliler ve kesin görülenler izleniyor kabul edilerek değerlendirildiğinde, dört farklı DDBT protokolünde normal apendiksin 90 kVp/25 mAs'da ve 90 kVp/50 mAs'da izlenme oranları sırasıyla %36 ile %64 iken 120 kVp/25 mAs ve 120 kVp/50 mAs %71 olarak bulundu. Cerrahi sonrası ise apandisitli apendikslerin görülebilirliği kesin ve şüpheli olgular birleştirildiğinde tüm doz protokollerinde %100 bulundu.

4. Normal apendikslerde tüm doz protokollerinde radyolojik değerlendirme için çok kötü görüntü kalitesi saptanmadı. Kötü görüntü kalitesi sadece 90 kVp/25 mAs ve 90 kVp/50 mAs incelemelerinde sırasıyla %14.3 ve %3.6 tavşanda izlenirken diğer protokollerde izlenmedi. Çok iyi görüntü kalitesi sadece 120 kVp/50 mAs protokolünde %21.4 tavşanda

izlendi. Apandisit oluşturulduktan sonra ise tüm doz protokollerinde radyolojik değerlendirme için çok kötü ve kötü görüntü kalitesi saptanmadı. Kabul edilebilir görüntü kalitesi sadece 90 kVp/25 mAs ve 90 kVp/50 mAs incelemelerinde sırasıyla %71 ve %21 tavşanda izlenirken, 120 kVp/25 mAs ve 120 kVp/50 mAs incelemelerinde izlenmedi. Çok iyi görüntü kalitesi cerrahi öncesi incelemelerden farklı olarak cerrahi sonrası 90 kVp/50 mAs, 120 kVp/25 mAs ve 120 kVp/50 mAs incelemelerde sırasıyla %21, %21 ve %64 tavşanda izlendi. Bunun nedeninin apandisitte dilate olan apendikslerin daha net tanınmasına bağlı görüntü kalitesindeki subjektif bir iyileşme olduğunu düşünüyoruz.

5. 120 kVp/50 mAs'da yapılan değerlendirmede normal apendikslerin ortalama dış çapı 6.9 ± 3.4 mm (3-12.8 mm), apandisitli apendikslerin ortalama dış çapı 13.8 ± 3 mm (7.2-17 mm) ölçüldü.

6. Apendiksin görülmesini etkileyen faktörler araştırıldığında yalnızca periçekal yağ dokusunun yeterliliği ile normal apendiksin ($r=0.64$, $p=0.01$) ve apandisit ($r=0.70$, $p=0.005$) görülmesinde anlamlı korelasyon bulundu.

7. Dört farklı DDBT protokolünün apandisit tanısı koymadaki duyarlılığı, özgüllüğü, pozitif prediktif değeri, negatif prediktif değeri ve doğruluğu sırası ile 90 kVp/25 mAs ve 90 kVp/50 mAs doz protokolleri için %100, %86, %87, %100, %92; 120 kVp/25 mAs ve 120 kVp/50 mAs doz protokolleri için ise %100, %92, %93, %100, %96 olarak hesaplandı ($p<0.05$).

8. Çalışmamızda kullanılan en yüksek doz olan 120 kVp/50 mAs doz protokolü ile apandisit oluşturulmasını takiben geçen sürenin apendiksin görülmesi üzerine etkisi değerlendirildiğinde 16. saatte 7 tavşandan 1'inde şüpheli apandisit, 6'sında kesin apandisit izlenirken, 24. saat görüntülerde 7 tavşandan 2'sinde şüpheli apandisit, 5'inde kesin apandisit olarak izlendi. İki farklı zaman periyodu arasında apendiks görülmesi açısından anlamlı fark izlenmedi ($p=0.29$).

ÖZET

TAVŞANLARDA OLUŞTURULAN DENEYSEL AKUT APANDİSİT MODELİNDE FARKLI DÜŞÜK DOZ BİLGİSAYARLI TOMOGRAFİ PROTOKOLLERİNİN TANISAL ETKİNLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Dr. Mehmet ŞENGÜL

Tavşanlarda oluşturulan deneysel akut apandisit modelinde farklı tüp voltajı ve tüp akımı kombinasyonları ile elde olunan kontrastsız düşük doz BT (DDBT) protokollerinin görüntü kalitesi ve apendiksin görülebilirliği üzerine etkileri ile apandisit tanısındaki performanslarının karşılaştırılması amaçlandı.

Cerrahi olarak 14 tavşanın apendiksleri ortalarından bağlanarak deneysel akut apandisit modeli oluşturuldu. Cerrahi öncesinde ve apandisit oluşturulmasını takiben 16. veya 24. saatlerde çok kesitli BT cihazı ile 90 kVp/25 mAs, 90 kVp/50 mAs, 120 kVp/25 mAs ve 120 kVp/50 mAs doz protokolleri kullanılarak abdomene yönelik kontrastsız DDBT incelemeleri yapıldı. Tüp voltajı ve akımı dışındaki parametreler tüm protokollerde sabitti. Dört farklı doz protokolünde elde olunan görüntüler, görüntü kalitesi, apendiksin görülebilirliği ve apandisit tanısındaki doğruluğu açısından değerlendirildi. Daha sonra tavşanlara apendektomi ve histopatolojik inceleme yapıldı.

Apandisiti bağlanan tavşanların tümünde histopatolojik olarak apandisit doğrulandı. DDBT görüntülerinin görüntü kalitesi tüm doz protokollerinde kabul edilebilir ve iyi düzeyde olup, çok kötü veya kötü görüntü kalitesi saptanmadı. Çalışmamızda kullanılan en yüksek doz olan 120 kVp/50 mAs doz protokolüyle karşılaştırıldığında görüntü kalitesi 90 kVp/25 mAs doz protokolünde belirgin şekilde düştü ($p<0.001$).

DDBT protokollerinin apandisit tanısındaki duyarlılığı, özgüllüğü ve doğruluğu 90 kVp/25 mAs doz ve 90 kVp/50 mAs için %100, %86, %92, 120 kVp/25 mAs ve 120 kVp/50 mAs için ise sırasıyla %100, %92, %96 bulundu ($p>0.05$). 90 kVp/25 mAs'da güven derecesi en düşük değerlendirildi. DDBT

protokollerinin tanısal performansları ROC analizi ile karşılaştırıldığında eğri altında kalan alanda en düşük doz protokolünden en yüksek doz protokolüne sırasıyla 0.969, 0.980, 0.990 ve 0.990 bulundu ($p>0.05$).

Apendiksin görülmesini etkileyen faktörler araştırıldığında yalnızca periçekal yağ dokusunun yeterliliği ile anlamlı bir korelasyon vardı ($r=0.70$ ve $p=0.005$).

Radyasyon dozu 120 kVp/50 mAs doz protokolünde 79.9 ± 9.5 mGycm, 120 kVp/25 mAs'da 41.1 ± 4.8 mGycm, 90 kVp/50 mAs'da 34.3 ± 4.1 mGycm ve 90 kVp/25 mAs'da 18.2 ± 2.2 mGycm'di.

120 kVp/50 mAs doz protokolü ile karşılaştırıldığında 120 kVp/25 mAs'da ve 90 kVp/50 mAs'da doz sırasıyla %49 ve %57 daha az olmasına rağmen, apandisit görüntülenmesi ve apandisit tanısında tanısal performans etkilenmemiştir. 90 kVp/25 mAs'da ise %77 doz azaltılarak yeterli tanısal doğruluk sağlanmasına rağmen görüntü kalitesi belirgin şekilde azalmaktadır. Bu çalışmadaki bulgular, klinik muayene ve ultrasonografiyle kesin tanı konulamayan hastalarda kontrastsız DDBT tetkikinun yararlı olabileceğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Apendiks, Apandisit, Bilgisayarlı tomografi, Radyasyon dozu, Düşük doz bilgisayarlı tomografi, Deneysel apandisit modeli.

SUMMARY

EVALUATION OF DIAGNOSTIC PERFORMANCES OF VARYING LOW-DOSE COMPUTED TOMOGRAPHY PROTOCOLS IN A RABBIT MODEL OF ACUTE APPENDICITIS

Mehmet SENGUL, MD

The aim of this study was to compare the effect of different unenhanced low-dose CT (LDCT) protocols on image quality and visualization of appendix along with diagnostic performances of protocols in a rabbit model of acute appendicitis.

Experimental acute appendicitis model was created surgically in rabbits by ligation of the appendix at midpoint. Before and at 16th or 24th hours after surgery, abdominal low dose CT was performed using 90 kVp/25 mAs, 90 kVp/50 mAs, 120 kVp/25 mAs, and 120 kVp/50 mAs dose protocols. All other parameters were kept constant other than tube voltage and tube current. Images acquired at four different LDCT protocols were evaluated for image quality, visibility of appendix along with diagnostic performances in the detection of appendicitis. All rabbits underwent appendectomy, and the specimens were examined histopathologically.

Appendicitis was confirmed histopathologically in all rabbits in which appendices were ligated. Image quality was rated as acceptable or good in all LDCT protocols, without any case with substandard or poor image quality. When compared to 120 kVp/50 mAs dose protocol, the highest dose in our study, image quality was significantly reduced at 90 kVp/25 mAs dose protocol ($p < 0.001$).

Sensitivity, specificity and accuracy of LDCT protocols for diagnosis of acute appendicitis were 100%, 86%, 92% at 90 kVp/25 mAs and 90 kVp/50 mAs, and 100%, 92%, 96% at 120 kVp/25 mAs, and 120 kVp/50 mAs dose protocols, respectively. Confidence level was lowest at 90 kVp/25 mAs dose

protocol. When diagnostic performances of LDCT protocols were analyzed with ROC curve, areas under the curve were 0.969, 0.980, 0.990, and 0.990 at 90 kVp/25 mAs, 90 kVp/50 mAs, 120 kVp/25 mAs, and 120 kVp/50 mAs dose protocols, respectively ($p>0.05$). When the factors influencing visualization of appendix were investigated, only the adequacy of pericecal fat tissue showed significant correlation ($r=0.70$, $p=0.005$).

Radiation doses were 79.9 ± 9.5 mGycm at 120 kVp/50 mAs, 41.1 ± 4.8 mGycm at 120 kVp/25 mAs, 34.3 ± 4.1 mGycm at 90 kVp/50 mAs, and 18.2 ± 2.2 mGycm at 90 kVp/25 mAs dose protocols.

Compared to 120 kVp/50 mAs dose protocol, 120 kVp/25 mAs and 90 kVp/50 mAs dose protocols achieved 49% and 57% dose reduction respectively without significant difference in the visualization and diagnosis of appendicitis. Although 90 kVp/25 mAs dose protocol achieved 77% dose reduction and sufficient diagnostic accuracy, the image quality was significantly deteriorated. Our results show that unenhanced low dose CT is a feasible technique in patients with suspected acute appendicitis having inconclusive clinical and sonographic findings.

Key Words: Appendix, Appendicitis, Computed tomography, Low dose computed tomography, Experimental appendicitis model.

KAYNAKLAR

1. Birnbaum BA, Jeffrey RB. CT and sonographic evaluation of acute right lower quadrant abdominal pain. AJR 1998; 170: 361-371.
2. Balthazar EJ, Birnbaum BA, Yee J, Megibow AJ, Roshkow J, Gray C. Acute appendicitis: CT and US correlation in 100 patients. Radiology 1994; 190: 31-35.
3. Rao PM, Rhea JT, Novelline RA, McCabe CJ, Lawrosen JN, Berger DL. Helical CT technique for the diagnosis of appendicitis: Prospective evaluation of focused appendix CT examination. Radiology 1997; 202: 139-144.
4. Malone AJ, Wolf CR, Malmed AS, Melliore BF. Diagnosis of acute appendicitis: value of unenhanced CT. AJR 1993; 160: 763-766.
5. Wormanns D, Diederich S, Lenzen H, Lange P, Link TM, Ludwig K, Papke K. ve ark. Abdominal spiral CT in children: which radiation exposure is required? Eur Radiol 2001; 11: 2262-2266.
6. Huda W. Dose and image quality in CT. Pediatr Radiol 2002; 32: 709-713.
7. Hörmann M, Philipp MO, Eberl H, Windberger U, Matzek W, Schafer-Prokop C, Metz VM. The effect of varying low-dose protocols on perceived image quality in multidetector CT in rabbit model of acute appendicitis. Eur Radiol 2004; 14: 1465-1471.
8. Prystowsky J, Pugh C, Nagle A. Appendicitis. Curr Probl Surg 2005; 42: 694-742.
9. Gramlich TL, Petras RE. Vermiform appendix. In: Mills SE. Histology for pathologists, 3rd edition. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007: 650-663.
10. Gövsa Gökmen F. Sistemik Anatomi. İzmir: Güven Kitabevi, 2003: 496-497.
11. Bilgin N. Akut apandisit. Editör: İskender Sayek. Temel cerrahi. 2. Baskı. Ankara: Güneş Kitabevi, 1996: 1109-1115.
12. Nitecki S, Karmeli R, Sarr MG. Appendiceal calculi and fecaliths as indications for appendectomy. Surg Gynecol Obstet 1990; 171: 185-188.
13. Birnbaum BA, Wilson SR. Appendicitis at the millennium. Radiology 2000; 215: 337-348.
14. Jaffe BM. The Appendix. In: Brunicaudi CF, Andersen DK, Billiar TR, Dunn DL, Hunter JG, Pollock RE, editors. Schwartz's principles of surgery, 8.

Edition. New York: Mc Graw Hill, 2005: 1383-1395.

15. Robert B. Appendicitis. In: Bondy PK, Dilts PV, Douglas RG, Drossman DA et al. The merck manual 18 th edition New Jersey: Merck & Co. 1992: 789-790.

16. Brown JJ. Acute appendicitis: The radiologist's role. Radiology 1991; 180: 13-14.

17. Henneman PL, Marcus CS, Inkelis SH, Butler JH, Baumgartner FJ. Evaluation of children with possible appendicitis using technetium 99m leukocyte scan. Pediatrics 1990; 85: 838-843.

18. Deutsch A, Leopold GR. Ultrasonic demonstration of the inflamed appendix: case report. Radiology 1981; 140:163-4.

19. Rioux M. Sonographic detection of the normal and abnormal appendix. AJR 1992; 158: 773-778.

20. Puylaert JBCM. Acute appendicitis: US evaluation using graded compression. Radiology 1986; 158: 355-360.

21. Quillin SP, Siegel MJ. Appendicitis: efficacy of color Doppler sonography. Radiology 1994; 191: 557-560.

22. Patriquin HB, Garcier JM, Lafortune M, Yazbeck S, Russo P, Jequier S, Ouimet A et al. Appendicitis in children and young adults: Doppler sonographic- pathologic correlation. AJR 1996; 166: 629-633.

23. Incesu L, Coskun A, Selcuk MB, Akan H, Sozubir S, Bernay F. Acute appendicitis: MR imaging and sonographic correlation. AJR 1997; 168:669-674.

24. Nitta N, Takahashi M, Furukawa A, Murata K, Mori M, Fukushima M. MR imaging of the normal appendix and acute appendicitis. J. Magn. Reson. Imaging 2005; 21: 156-165.

25. Lane MJ, Liu DM, Huynh MD, Jeffrey RB, Mindelzun RE, Katz DS. Suspected acute appendicitis: Non enhanced helical CT in 300 consecutive patients. Radiology 1999; 213: 341-346.

26. Choi D, Park H, Lee YR, Kook SH, Kim SK, Kwag HJ, Chung EC. The most useful findings for diagnosing acute appendicitis on contrast-enhanced helical CT. Acta Radiologica 2003; 44: 574-582.

27. Balthazar EJ, Megibow AJ, Hulnick D, Gordon RB, Naidich DP, Beranbaum ER. CT of appendicitis. AJR 1986; 147: 705-710.

28. Keyzer C, Tack D, Maertelaer V, Bohy P, Gevenois PA, Gansbeke

DV. Acute appendicitis: comparison of low-dose and standard-dose unenhanced multi-detector row CT. *Radiology* 2004; 232: 164-172.

29. Rao PM, Rhea JT, Novelline RA, Mostafavi AA, Lawrosen JN, McCabe CJ. Helical CT combined with contrast material administered only through the colon for imaging of suspected appendicitis. *AJR* 1997; 169: 1275-1280.

30. Miki T, Ogata S, Uto M, Nakazono T, Urata M, Ishibe R, Shinyama S, Nakajo M. Enhanced multidetector-row computed tomography (MDCT) in the diagnosis of acute appendicitis and its severity. *Radiation Medicine* 2005; 23: 242-255.

31. Rybkin AV, Thoeni RF. Current concepts in imaging of appendicitis. *Radiol Clin N Am* 2007; 45: 411-422.

32. Lane MJ, Katz DS, Ross BA, Clautice-Engle TL, Mindelzun RE, Jeffrey RB. Unenhanced helical CT for suspected acute appendicitis. *AJR* 1997; 168: 405-409.

33. Balthazar EJ, Megibow AJ, Siegel SE, Birnbaum BA. Appendicitis: prospective evaluation with high resolution CT. *Radiology* 1991; 180: 21-24.

34. Benjaminov O, Atri M, Hamilton P, Rappaport D. Frequency of visualization and thickness of normal appendix at nonenhanced helical CT. *Radiology* 2002; 225:400-406.

35. Karabulut N, Boyaci N, Yagci B, Herek D, Kiroglu Y. Computed tomography evaluation of the normal appendix: comparison of low-dose and standard-dose unenhanced helical computed tomography. *J Comput Assist Tomogr* 2007; 31: 732-740.

36. Procop M, Galanski M. *Spiral and multislice Computed Tomography of the Body*. New York: Thieme, 1998: 573-576.

37. Ghiatas AA, Chopra S, Chintapalli KN, Esola CC, Daskalogiannaki M, Dodd GD, Gourtsoyiannis N. Computed tomography of the normal appendix and acute appendicitis. *Eur Radiol* 1997; 7: 1043-1047.

38. Tamburini S, Brunetti A, Brown M, Sirlin CB, Casola G. CT appearance of the normal appendix in adults. *Eur Radiol* 2005; 15: 2096-2103.

39. Kalender WA, Sisler W, Klotz E, Vock P. Spiral volumetric CT with single breath hold technique, continuous transport and continuous scanner rotation. *Radiology* 1990; 176: 181-183.

40. Kalender WA, Polacin A. Physical performance characteristic of spiral scanning. *Med Phys* 1991; 18: 910-915.

41. Karla MK, Prasad S, Saini S, Blake MA, Varghese J, Halpern EF, Rhea JT, Thrall JH. Clinical comparison of standat dose and 50% reduced-dose abdominal CT: effect on image quality. *AJR* 2002; 179: 1101-1106.
42. Karabulut N. Bilgisayarlı tomografi. Editör: Balcı P. *Temel radyoloji fiziği İzmir: TRD; 2005: 65-79.*
43. 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.
44. Polacin A, Kalender WA, Marchal G. Evaluation of section sensivity profiles and image noise in spiral CT. *Radiology* 1992; 185: 29-35.
45. Brink JA, Heiken JP, Balfe DM, Sagel SS, Disroce J, Vannire MW. Sprial CT: decreased spatial resolution in vivo due to broadening of section sensitivity profile. *Radiology* 1992; 185: 469-474.
46. Kalra MK, Maher MM, Toth TL, Hamberg LM, Blake MA, Shepard JA, Saini S. Strategies for CT radiation dose optimization. *Radiology* 2004; 230: 619-628.
47. Heiken JP, Brink JA, Vannier MW. Spiral (helical) CT. *Radiology* 1993; 189: 647-656.
48. Maher MM, Kalra MK, Toth TL, Wittram C, Saini S, Shepard J. Application of rational practice and technical advances for optimizing radiation dose for chest CT. *J Thorac Imaging* 2004; 19: 16-23.
49. Prasad SR, Wittram C, Shepard JA, McLoud T, Rhea J. Standard-dose and 50% reduced-dose chest CT: comparing the effect on image quality. *AJR* 2002; 179: 461-465.
50. Karabulut N, Akti U, Kazil S. Comparison of low dose and standard dose CT in the evaluation of inflammatory diseases of paranasal sinuses. *Tani Girisim Radyol* 2003, 9: 315-320.
51. Hagtvedt T, Aalokken TM, Notthellen J, Kolbenstvedt A. A new low-dose CT examination compared with standard-dose CT in the diagnosis of acute sinusitis. *Eur Radiol* 2003; 13: 976-980.
52. Karabulut N, Ariyurek M. Low dose CT: practices and strategies of radiologists in university hospitals. *Diagn Interv Radiol* 2006; 12: 3-8.
53. Dion AM, Berger F, Helie O, Ott D, Spiegel A, Cordoliani YS. Dose reduction at abdominal CT imaging: reduced tension (kV) or reduced intensity (mAs)? *J Radiol* 2004; 85: 375-380.
54. Fefferman NR, Bomszyk E, Yim AM, Rivera R, Amodio JB, Pinkney

LP, Strubel NA, Noz ME, Rusinek H. Appendicitis in children: low-dose CT with a phantom-based simulation technique-initial observations. *Radiology* 2005; 237: 641-646.

55. Bursali A, Arac M, Oner AY, Celik H, Eksioglu S, Gumus T. Evaluation of the normal appendix at low-dose non-enhanced spiral CT. *Diagn Interv Radiol* 2005; 11: 45-50.

56. Finegan EJ, Stevens CE. Mammals: rabbit. The digestive system of vertebrates website. Available from:URL:
<http://www.cnsweb.org/digestvertebrates/WWWEdStevensMammalRabbit.html>. 29 Temmuz 2009 tarihinde ulaşılmıştır.

57. Rhea JT, Halpern RF, Ptak T, Lawrason JN, Sacknoff R, Novelline RA. The status of appendiceal CT in an urban medical center 5 years after its introduction: experience with 753 patients. *AJR* 2005; 184: 1802-1808.

58. Jan YT, Yang FS, Huang JK. Visualization rate and pattern of normal appendix on multidetector computed tomography by using multiplanar reformation display. *J Comput Assist Tomogr* 2005; 29:446-451.

59. Daly CP, Cohan HR, Francis IR, Caoili EM, Ellis JH, Nan B. Incidence of acute appendicitis in patients with equivocal CT findings. *AJR* 2005; 184: 1813-1820.

60. Poortman P, Lohle PNM, Schoemaker CMC, Oostvogel HJM, Teepen HJLJM, Zwinderman KAH, Hamming JF. Comparison of CT and sonography in the diagnosis of acute appendicitis: a blinded prospective study. *AJR* 2003; 181: 1355-1359.

61. Platon A, Jlassi H, Rutschmann OT, Becker CD, Verdun FR, Gervaz P, Poletti PA. Evaluation of a low-dose CT protocol with oral contrast for assessment of acute appendicitis. *Eur Radiol* 2009; 19: 446-454.

62. Grayson DE, Wettlaufer JR, Dalrymple NC, Keesling CA. Appendiceal CT in pediatric patients: relationship of visualization to amount of peritoneal fat. *AJR* 2001; 176: 497-500.

63. Evans SH, Davis R, Cooke J, Anderson W. A comparison of radiation doses to the breast in computed tomographic chest examinations for two scanning protocols. *Clin Radiol* 1989; 40: 45-46.

64. Bushong SC. Radiologic science for technologists. 5th edition. Philadelphia: Mosby, 1993: 407-428.

65. Keyzer C, Pargov S, Tack D, Creteur V, Bohy P, Maertelaer V, Gevenois PA. Normal appendix in adults: reproducibility of detection with unenhanced and contrast-enhanced MDCT. *AJR* 2008; 191: 507-514.

66. Seo H, Lee HK, Kim HJ, Kang BS, Kim YS, Kim YH. Diagnosis of acute appendicitis with sliding slab ray-sum interpretation of low-dose unenhanced CT and standard-dose iv contrast-enhanced CT scans. *AJR* 2009; 193: 96–105.
67. Tamburrini S, Brunetti A, Brown M, Sirlin C, Casola G. Acute appendicitis: diagnostic value of nonenhanced CT with selective use of contrast in routine clinical settings. *Eur Radiol* 2007; 17: 2055–2061.
68. Boyd DP, Parker DL, Goodsitt MM: Principles of computed tomography. In: Moss AA, Gamsu G, Genant HK, editors. *Computed tomography of the body*, vol 3, 2 th edition. Philadelphia: WB Saunders, 1992: 1355-1375.