

T.C.
Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi
Radyoloji Anabilim Dalı

**COVID-19 TANISI ALMIŞ GÖĞÜS AĞRISI
BULUNAN HASTALARDA DUAL ENERJİ
KORONER BT ANJİYOĞRAFİNİN
TANIDAKİ ROLÜ**

Dr. Fahri AYDIN

UZMANLIK TEZİ

DANIŞMAN
Prof. Dr. Suat EREN

ERZURUM-2021

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER	i
TABLOLAR DİZİNİ	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ	iii
KISALTMALAR DİZİNİ	v
TEŞEKKÜR	vi
ÖZET.....	vii
ABSTRACT	ix
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Kalbin ve Koroner Damarların Anatomisi	2
2.1.1. Kalp Anatomisi.....	2
2.1.2. Koroner Damarların Anatomisi.....	3
2.1.2.1. Koroner Arterlerin Anatomisi	3
2.1.2.2. Koroner Venlerin Anatomisi	5
2.2. Dual Enerji Bilgisayarlı Tomografi Tekniği	6
2.3. Dual Enerji BT Klinik Uygulamaları	9
2.4. COVID-19 Hastalığı	11
2.4. COVID-19 Hastalığının Kardiyak Etkileri	13
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	15
3.1. Hasta Popülasyonu	15
3.2. Dual Enerji Koroner BT Protokolü ve Görüntü Analizi	16
3.3. İstatistiksel Değerlendirme.....	17
4. BULGULAR.....	18
5. TARTIŞMA	27
6. SONUÇ.....	32
KAYNAKLAR	33

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 4.1. Vaka Grubunda Yaş, Troponin-I ve D-dimer Dağılımı	18
Tablo 4.2. Kontrol Grupta Yaş, Troponin-I ve D-dimer Dağılımı	18
Tablo 4.3. COVID-19 Pozitif Hastalarda İzlenen Miyokart Perfüzyon Defekt Alanlarının Anatomik Lokalizasyon Dağılımı	23



ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 4.1.** 47 yaşında erkek hastada DEBT incelemede normal miyokardiyal perfüzyon görüntülemeye ait iyot dağılım haritası izlenmektedir. Beyaz oklar ile sol ventrikül serbest duvar ve interventriküler septuma ait normal miyokart doku alanları işaretlenmiştir. 19
- Şekil 4.2.** 37 yaşında erkek hastada DEBT görüntülemeye ait iyot dağılım haritası izlenmektedir. Beyaz oklar ile normal perfüzyon bulguları gösteren sol ventrikül serbest duvarı ve interventriküler septuma ait miyokart doku alanları işaretlenmiştir..... 20
- Şekil 4.3.** 45 yaşında erkek hastada DEBT görüntülemeye ait iyot dağılım haritası izlenmektedir. Beyaz oklar ile normal perfüzyon bulguları gösteren sol ventrikül serbest duvarı, apeks düzeyi ve interventriküler septuma ait miyokart doku alanları işaretlenmiştir. 21
- Şekil 4.4.** Gözlemci 1 açısından saptanan miyokardiyal perfüzyon değişikliklerinin dağılımı..... 22
- Şekil 4.5.** Gözlemci 2 açısından saptanan miyokardiyal perfüzyon değişikliklerinin dağılımı..... 22
- Şekil 4.6.** 21 yaşında COVID-19 hastalığı bulunan ve göğüs ağrısı olan erkek hastada DEBT görüntülemeye ait iyot dağılım haritası izlenmektedir. Hastada apikal interventriküler seviyede koyu olarak izlenen perfüzyon defekt alanı beyaz oklar ile işaretlenmiştir..... 23
- Şekil 4.7.** 43 yaşında COVID-19 hastalığı bulunan ve göğüs ağrısı olan erkek hastada DEBT görüntülemeye ait iyot dağılım haritası izlenmektedir. Hastada sol ventrikül serbest duvarda koyu olarak izlenen perfüzyon defekt alanı beyaz oklar ile işaretlenmiştir..... 24
- Şekil 4.8.** 42 yaşında COVID-19 hastalığı bulunan ve göğüs ağrısı olan erkek hastada DEBT görüntülemeye ait iyot dağılım haritası izlenmektedir. Hastada sol ventrikül serbest duvarda koyu olarak izlenen perfüzyon defekt alanı beyaz oklar ile işaretlenmiştir..... 25

Şekil 4.9. 62 yaşında COVID-19 hastalığı bulunan ve göğüs ağrısı olan kadın hastada DEBT görüntülemeye iyot dağılım haritası izlenmektedir. Hastada sol ventrikül serbest duvarda koyu olarak izlenen perfüzyon defekt alanı beyaz oklar ile işaretlenmiştir. Ayrıca interventriküler septumda siyah ok ile belirtilmiş ikinci bir perfüzyon defekt alanı izlenmektedir.....26



KISALTMALAR DİZİNİ

ACE	: Anjiotensin Converting Enzim
ARDS	: Akut Respiratuvar Distres Sendromu
BT	: Bilgisayarlı Tomografi
COVID-19	: Koronavirüs Hastalığı 2019
DEBT	: Dual Enerji Bilgisayarlı Tomografi
EKG	: Elektrokardiyografi
keV	: Kiloelektronvolt
kV	: Kilovolt
LAD	: Sol Anteriyor Desendan Koroner Arter
LCX	: Sirkumfleks Arter
LMCA	: Sol Ana Koroner Arter
mA	: Miliamper
MRG	: Manyetik Rezonans Görüntüleme
OM	: OptusMarjinalis
OR	: OddsRatio
PCR	: Polimeraz Zincir Reaksiyonu
RAS	: Renin-Anjiotensin Sistemi
RCA	: Sağ Koroner Arter
RPDA	: Sağ Posteriyor Desendan Arter
STEMI	: ST Elevasyonlu Miyokart Enfarktüsü
VNC	: Sanal Kontrastsız Görüntüleme

TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim süresince bilgi ve tecrübesini esirgemeyerek benimle paylaşan, ayrıca tez çalışmam süresince göstermiş olduğu ilgi ve desteklerinden dolayı değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. Suat EREN'e; mesleğimi bana öğreten ve sevdiren, desteklerini her zaman yanımda hissettiğim başta Atatürk Üniversitesi Radyoloji Anabilim Dalı Başkanımız değerli hocam Sayın Prof. Dr. Fatih ALPER'e ve tüm hocalarıma teşekkürü borç bilirim.

Birlikte çalışmaktan her zaman mutluluk duyduğum her biri çok değerli tüm asistan arkadaşlarıma, ayrıca yardımını hiçbir zaman esirgemeyen başteknisyenimiz, başhemşiremiz ve tüm çalışma ekibi arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Asistanlığımın ilk gününden itibaren desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, ailemden biri olarak gördüğüm bölüm sekreterimiz Sayın Nermin KUZULUGİL'e, başta beni yetiştirip bugünlere gelmemi sağlayan, fedakârlıklarını ve emeklerini her zaman hissettiğim çok değerli aileme ve hayatımı paylaşmaktan çok mutluluk duyduğum desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen değerli eşime en içten sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

COVID-19 Tanısı Almış Göğüs Ağrısı Bulunan Hastalarda Dual Enerji Koroner BT Anjiyografinin Tanıdaki Rolü

Bu çalışmamızın amacı COVID-19 tanısı almış ve göğüs ağrısı bulunan hastalarda dual enerji koroner BT anjiyografinin kardiyak tutulumu aydınlatmada etkinliğini ortaya koymaktır.

Geriye dönük olarak yapılan bu çalışmamıza, hastanemizde yatmış bulunan COVID-19 tanılı hastalar arasından göğüs ağrısı nedeni ile kardiyoloji konsültasyonu bulunan ve kardiyak etkilenim şüphesi üzerine dual enerji koroner BT anjiyografi çekilmiş hastalar dâhil edilmiştir. Söz konusu hastaların görüntüleme bulguları geriye dönük olarak COVID-19 tanısı bulunmayan ve koroner arter hastalığı şüphesi ile dual enerji koroner BT anjiyografi çekimi yapılmış diğer bir hasta grubunun görüntüleri ile karşılaştırılmıştır. Çalışmaya dahil edilen tüm hastalarda koroner arter hastalığı, hiperlipidemi, hipertansiyon gibi ek hastalık öyküsü bulunmamaktadır.

COVID-19 tanılı 21 hastadan oluşan vaka grubu ve 19 hastadan oluşan kontrol grubu üzerinde istatistiki değerlendirme yapılmıştır. Her iki grup arasında koroner arter lümenal patolojiler açısından anlamlı fark izlenmemiştir. Miyokardiyal perfüzyon defekti varlığı, COVID-19 hastalığı bulunan grupta anlamlı olarak farklılık göstermiştir ($p<0.001$). D-dimer yüksekliği ile miyokardiyal perfüzyon defekti varlığı arasında anlamlı bir ilişki izlenmiştir ($p=0,012$). Ayrıca hastalarda D-dimer negatifliğinin, pozitifliğine kıyasla 3 kat daha güvenilir olduğu görülmüştür (OR: 3 %95 CL: 1.47-6.14).

Çalışmamızda, klinik veya laboratuvar verileri ile birlikte değerlendirildiğinde koroner arter hastalığı, miyokardit gibi kardiyak patoloji şüphesi bulunan COVID-19 hastalarında, dual enerji koroner BT anjiyografi yöntemi, miyokardiyal hasarı tespit etmede güçlü bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca COVID-19 pandemisi dikkate alındığında çekim süresinin kısa olması nedeni

ile kardiyak MRG ve konvansiyonel koroner anjiyografi gibi diğ er g r nt leme metotlarına  st nl k sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: COVID-19 hastalığı, Dual Enerji Koroner BT Anjiyografi, koroner arter hastalığı, miyokardit



ABSTRACT

The Role of Dual Energy Coronary CT Angiography in Patients with Chest Pain Diagnosed with COVID-19

This study aims to reveal the efficacy of dual-energy coronary CT angiography in clarifying cardiac involvement in patients diagnosed with COVID-19 and with chest pain.

Of the patients who were hospitalized in our hospital with the diagnosis of Covid-19, this retrospective study included those who had a cardiology consultation due to chest pain and underwent dual-energy coronary CT angiography on suspicion of cardiac involvement. The imaging findings of these patients were retrospectively compared with the images of another patient group, who did not have a diagnosis of COVID-19 and had dual-energy coronary CT angiography for suspected coronary artery disease. None of the patients included in the study had a history of additional diseases such as coronary artery disease, hyperlipidemia, or hypertension.

Statistical evaluation was made on the case group consisting of 21 patients diagnosed with COVID-19 and the control group consisting of 19 patients. There was no significant difference in coronary artery intraluminal pathologies between the two groups. The presence of myocardial perfusion defect differed significantly in the group with COVID-19 disease ($p < 0.001$). A significant relationship was observed between the D-dimer height and the presence of myocardial perfusion defect ($p = 0.012$). In addition, D-dimer negativity was found to be three times more reliable than positivity (OR: 3 95% CL: 1.47-6.14).

In our study, the dual-energy coronary CT angiography method emerges as a powerful method in detecting myocardial damage in COVID-19 patients with suspected cardiac pathology such as coronary artery disease and myocarditis. In addition, considering the COVID-19 pandemic, it provides a significant advantage due to the shorter exposure time compared to cardiac MRI and conventional coronary angiography.

Keywords: COVID-19 disease, Dual Energy Coronary CT Angiography, coronary artery disease, myocarditis



1. GİRİŞ

COVID-19 hastalığı çoklu organ tutulumu gösterebilen ve etkeni SARS-CoV-2 adlı virüs olan enfeksiyöz bir hastalıktır. Virüs öncelikle solunum yoluna yerleşmekte ve sıklıkla üst ve alt solunum yolu enfeksiyonu tablosu oluşturmaktadır. Dünyada salgın hastalık tablosunun ortaya çıkması ve vakaların hızla artması sonrası virüs ile enfekte olan bazı kişilerde farklı organ tutulumların meydana geldiği bildirilmiştir. Daha sonra bu hastaların sayısı hızla artmış ve aslında koronavirüs enfeksiyonunun ön planda respiratuvar sistemi tutan ancak çoklu organ tutulumu da yapan bir enfeksiyon olduğu anlaşılmıştır. Hastalarda tespit edilen sitokin fırtınası ve tromboza yatkınlık birçok sistemi etkilediği gibi kardiyovasküler sistemi de etkilemekte ve radyolojik olarak kardiyovasküler sistem görüntülemeyi önemli hale getirmektedir. COVID-19 hastalarında miyokart enfarktüsü, miyokardit, kalp yetmezliği gibi kalpte miyokart hasarı oluşturan tablolar kardiyak tutulum sebeplerinden birkaçı olarak gösterilmiştir.

Dual enerji bilgisayarlı tomografi tekniği farklı voltajlarda X ışınları kullanılarak dokularda materyal ayrışmasına olanak sağlayan bir yöntemdir. Kardiyovasküler uygulamalarda kullanılan dual enerji koroner BT anjiyografi tekniği, hem koroner arterleri değerlendirmede hem de miyokardiyal dokularda iyot dağılım haritalama yöntemi ile miyokart perfüzyonunu değerlendirmede kullanılabilen tekniktir. Çalışmamızın amacı COVID-19 hastalarında şüpheli kardiyovasküler tutulumu bulunan kişilerde dual enerji koroner BT anjiyografinin tanıdaki rolünü araştırmaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Kalbin ve Koroner Damarların Anatomisi

2.1.1. Kalp Anatomisi

Kalp, toraks içerisinde yerleşmiş kadında yaklaşık 200–275 gram, erkekte 250–390 gram ağırlığında bir organdır. Kalbin aksı sağdan sola ve yukarıdan aşağı doğru yerleşim göstermektedir. Kalbin aksı boyunca apeks yani tepe kısmı ve basis yani taban kısmı bulunmaktadır. “Apeks kordis” sol alt kesimde, ”basis kordis” sağ üst kesimde bulunan anatomik yerleri tanımlar.

Kalp, orta mediastinum içerisinde bulunmaktadır ve her iki yanında akciğerler, önünde sternum ve aşağı kesimde diyafram ile komşuluk göstermektedir. Özefagus ise kalbin arka yüzeyi ile komşuluk göstermektedir (1, 2).

Anatomik olarak kalbin sağ ve sol kesimlerini ayıran ve kalbin aksı boyunca uzanım göstermekte olan bir septum bulunmaktadır. Septum ile ayrılan sağ ve sol kalp bölümlerinde ikişer adet odacık bulunmaktadır. Bu odacıklar ise sağda ve solda kendi aralarında kalp tabanı düzeyinde atriyoventriküler septum boyunca ayrılmaktadırlar. Böylece ortaya çıkan dört adet boşluğun isimleri sağ atriyum, sağ ventrikül, sol atriyum ve sol ventrikül şeklindedir. Atriyumlar kalbin üst bölümünde bulunan odacıklar olup kalbe dönen kanın toplandığı odacıklardır. Buna karşılık ventriküller ise kalpte toplanan kanı tekrardan dolaşıma pompalayan ve kalbin alt kesiminde bulunan odacıklardır.

Kalpte her iki ventrikülü birbirinden ayıran septuma “interventriküler septum”, her iki atriyumu birbirinden ayıran septuma “interatriyal septum” ve atriyumlar ile ventrikülleri birbirinden ayıran septuma ise “atriyoventriküler septum” adı verilir.

Kalpte atriyum ve ventrikülleri birbirine bağlayan kapakçıklar bulunmaktadır. Bu kapakçıklara “atriyoventriküler kapaklar” adı verilir. Sağda bulunan

atriyoventriküler kapağa “triküspit kapak”, solda bulunan atriyoventriküler kapağa ise “mitral kapak adı” verilir. Bunlar dışında ayrıca kalpte iki adet “semilunar kapak” adı verilen ve ventriküllerden çıkış gösteren büyük damarlara pompalanan kanın geri dönmesine engel olan kapakçıklar bulunur. Kalpten çıkış gösteren iki büyük damar pulmoner arter ve aortadır. Sağ ventrikülden çıkan pulmoner arter ağız kısmında bulunan semilunar kapağa “valvula trunci pulmonalis”, sol ventrikülden çıkan aort ağız kısmında bulunan semilunar kapağa ise “valvula aortae” adı verilir.

Kalp, yapısal olarak üç katmandan oluşur. Bunlar dıştan içe doğru sırasıyla perikardiyum, miyokardiyum ve endokardiyum tabakalarıdır. En dışta bulunan perikardiyum tabakası fibröz ve seröz perikart olmak üzere iki yapraktan oluşur. Fibröz perikart en dışta kalbi ve kalpten çıkan damarların dış kısımlarını saran katmandır. Seröz perikart, fibröz perikardın derininde yerleşmiş olup lamina viseralis ve lamina parietalis denilen iki tabakadan oluşmaktadır. İki tabaka arasında perikardiyal sıvı denilen ve kalbin kasılma ve gevşeme hareketini kolaylaştıran sıvı bulunmaktadır. Perikart tabakasının altında kalbin kas dokusu bulunur ve bu tabakaya miyokart ismi verilir. Miyokart tabakası hemen altındaki kalbin en iç katmanını oluşturan endokart tabakasına bağ doku ile bağlanmıştır. Bu bağ dokusu içerisinde purkinje lifleri ve kan damarları bulunmaktadır. Buna karşılık kalbin en iç tabakası olan endokart tabakasında kan damarı bulunmaz. Endokart tabakası tek katlı yassı epitel hücrelerinden oluşmuştur ve ventrikül ve atriyumların iç yüzeyini sarar.

2.1.2. Koroner Damarların Anatomisi

2.1.2.1. Koroner Arterlerin Anatomisi

Koroner arterler kalp dokusunun beslenmesini sağlayan, aort kökünden orijin alan damarlardır. Aorttan köken alan iki adet koroner arter mevcut olup bu damarların aort ile ağzlaştıkları kısımlarına “ostium” adı verilir. Koroner arterlere ait ostiumlar aort kapağına ait küspislerin hemen üzerinde sinüs valsalva denilen yerlere açılır. Aorttan iki adet koroner damar ayrılır. Bunlar sol sinüs valsalvadan köken alan sol ana koroner arter (LMCA) ve sağ sinüs valsalvadan köken alan sağ koroner arterdir (RCA) (3).

Sağ ve sol koroner arter sistemi arasında kalbi besleme durumuna göre farklı varyasyonlar mevcut olabilir. Toplumda yaklaşık % 85 oranında görülen dolaşım sistemi interventriküler septumun posteriyoruna ait posteriyor desendan arterin ve sol ventrikül posteriyoruna ait arka ventriküler dalların RCA kaynaklı olduğu sağ dominant dolaşımdır. Bu durumda RCA, posteriyor interventriküler olukta seyir gösteren sağ posteriyor desendan arteri (RPDA) ve sol ventrikül posteriyoruna ait sağ posteriyor lateral dallarını verir. Diğer bir varyasyon ise % 8 oranında görülen posteriyor desendan arterin ve sol lateral ventriküler dalların sirkumfleks arterden (LCX) kaynaklandığı durumdur. Yaklaşık %7 oranında ise RPDA ve CXPL dallarının görüldüğü kodominant varyasyon izlenebilir (3).

a) Sağ Koroner Arter (RCA)

Sağ koroner arter, aort kökünde sağ sinüs valsavadan orijin alır. Daha sonra sağ atriyoventriküler olukta seyir gösterir ve kalbin arka yüzeyinde posteriyor interventriküler olukta ilerler (4).

RCA'nın aorttan ayrıldıktan sonra ilk dalı konus arteridir. Konus arteri bazı durumlarda RCA'dan bağımsız olarak direkt aorttan da orijin alabilir (3).

Sağ koroner arterin ikinci dalı sinüs nod arteridir ve bu arter sinoatriol nodu besler. Daha büyük oranda sağ koroner arterden köken alan sinüs nod arteri varyasyonel olarak sirkumfleks arterden de köken alabilir. Konus arteri ve sinüs nod arteri RCA'nın proksimal kesim dallarıdır. Orta RCA seviyesinde sağ ventrikül serbest duvarını besleyen dallar ayrılmaktadır. Distal seviye başlangıcında ise RCA'dan akut marjinal dal ayrılmaktadır. Sağ dolaşımın baskın olması halinde distalde RCA, RPDA ve RPL dallarını verir (5). RPDA, kalbin arka yüzünde posteriyor interventriküler olukta ilerler ve interventriküler septumun arka üçte birlik kesimini beslemekten sorumludur. Bazen kalp apeksine kadar uzanan dallar verebilir.

b) Sol Ana Koroner Arter (LMCA)

Sol ana koroner arter (LMCA) aortun sol sinüs valsalvasından orijin alır ve bu seviye RCA çıkış düzeyine göre hafif daha süperiyorda yerleşim göstermektedir. LMCA uzunluğu genellikle 10 mm altındır ve kısa bir seyir ile sol atriya ait aurikulanın hemen önüne sol anteriya doğru uzanır. LMCA daha sonra sol anterior desendan arter (4), sol sirkumfleks arter (LCX) ve ramus intermedius dallarını verir. Ramus intermedius sol ventrikül anteriya yüzüne doğru uzanır ve bazı olgularda varyasyonel olarak bulunmayabilir.

LMCA % 0.5 oranında bulunmayabilir ve bu durumda LAD ve CX direkt olarak aorttan çıkar (6).

c) Sol Anteriya Desendan Arter

Sol anteriya desendan arter, anteriya interventriküler olukta uzanan LMCA'nın majör dallarından biridir. LAD anteriya interventriküler oluk boyunca ilerleyerek interventriküler septumun üçte ikilik anteriya kısmını besleyen septal dallarını ve ayrıca sol ventrikül serbest duvarını besleyen diyagonal dallarını verir. LAD'nin bu dalları çıktıkları sıraya göre numara verilerek isimlendirilirler.

d) Sol Sirkumfleks Arter (LCX)

Sirkumfleks arter, LMCA'dan ayrıldıktan sonra solda atriyoventriküler olukta uzanım gösterir. Bu düzeyde sol ventrikül laterale ait optus marjinalis (OM) adı verilen dallarını verir. Bu dallar LCX'ten ayrılış sırasına göre numaralandırılır (OM1,OM2 gibi).

2.1.2.2. Koroner Venlerin Anatomisi

Koroner venöz damarlar, koroner arterler aracılığı ile kalbi besleyen kanın geri dönüşünü sağlayan yapılardır. Bu venöz yapılardan bazıları kalbin dört odacığına da direkt açılabilir ki bu küçük venlere tebsian venleri denir. Venöz

dönüşün büyük kısmı ise anteryor interventriküler olukta seyreden “vena cardiaca magna”, posterior interventriküler olukta seyreden “vena cardiaca media” ve sağda koroner sulkusta seyrederek vena cardiaca media ile birleşen “vena cardiaca parva” aracılığı ile olur. Bu büyük kardiyak venler birleşerek kalbin arkasında koroner sinüs denilen venöz yapıya açılır. Koroner sinüs ise sağ atriyuma açılarak sistemik dolaşıma drenaj sağlanmış olur (7).

2.2. Dual Enerji Bilgisayarlı Tomografi Tekniği

Bilgisayarlı Tomografinin icadından sonra bilim dünyası bu yöntemi kullanarak dokuların yapılarına yönelik bilgi elde etmek için çalışma içerisine girmiştir. Bu çalışmalara yol açan temel faktör ise teorik olarak X ışınının farklı spektral karakterini kullanarak doku karakterizasyonunun yapılabileceği düşüncesi olmuştur. Buna yönelik ilk girişimler 1977’li yıllara kadar uzanmaktadır, ancak tanısalsal olarak büyük rol oynayan olay 2006 yılında çift kaynaklı BT tekniği ile aynı anda farklı enerjide X ışını elde etmeyi mümkün kılan tomografi cihazının geliştirilmesi olmuştur (Somatom Definition DS) (8).

DEBT oluşturabilmek için iki temel ihtiyaç vardır. Bunlardan ilki farklı spektrumda ve dolayısıyla farklı enerjide X ışını elde edebilmek, ikincisi ise elde edilen bu farklı enerjideki X ışınlarını ayırt edebilmek için gerekli dedektör teknolojisine sahip olmaktır. Bu gereksinimleri karşılayacak farklı yöntemler mevcuttur ve bu yöntemlerden üç farklı teknik (Çift X ışını Kaynağı, Hızlı Voltaj Değiştirme, Katmanlı Dedektör Teknolojisi) günümüzde tanısalsal olarak DEBT için kullanılmaktadır. Teknik olarak bu yöntemler ile dual enerji elde etmek mümkün olmakla birlikte bunlara ilaveten tanısalsal bilgi elde etmek için üçüncü bir gereksinim ise dokuların farklı enerjideki X ışınları altında ayrışma gösterebilecek özellikte olmasıdır.

• X Işını Spektrumu

Bir DEBT oluşturmak için önde gelen gereksinimlerden biri farklı enerji spektrumunda X ışınları elde etmektir. Bunu en iyi elde etme şekli iki farklı X ışını

kaynağı kullanmaktır. Esasen bunu tek X ışını kaynağı kullanarak da elde etmek mümkündür. Bunun için farklı voltaj değerleri kullanmak ve X ışınının enerji spektrumunu değiştirmek mümkündür.

X ışını oluşumu temelde büyük oranda frenleme radyasyonu ve karakteristik radyasyon olayları ile gerçekleşir. Frenleme radyasyonu bu olayda daha büyük rol oynar (% 80-90) ve özellikle düşük enerji seviyelerinde daha baskındır. Daha yüksek enerji seviyelerinde ise karakteristik radyasyonun oranı artacaktır. Örneğin 80 kV uygulama ile k ışık oranı % 5 iken, 100 kV uygulama ile k oranı % 10 olacaktır (9). 140 kV ve 80 kV uygulanarak elde edilen X ışını spektrumunun ortalama enerjisi de sırasıyla 71 ve 53 keV'dir. Teknik olarak 80 kV altında elde edilen ışınların çoğu dokular tarafından absorbe edilir ve çok faydalı değildir. 140 kV enerjiden daha yüksek değerlerde ise özellikle yumuşak doku kontrastı azalır ve tanıya katkısı azalır. Bu yüzden dual enerji görüntülemeye kullanılan farklı X enerji spektrumu 80 kV ve 140 kV değerleri ile elde edilir (10).

• Dedektör Teknolojisi

Üretilen farklı enerjide X ışınlarını tespit etmek için gereken dedektör teknolojisi ise dual sistem BT için ikinci gereksinimdir.

Günümüzde kullanılan klinik BT dedektörleri X ışınlarının yoğunluğunu tespit eder ancak enerji düzeyini ölçmez. Dolayısıyla tek bir dedektörle bu enerji spektrumunu ayırt etmek henüz mümkün değildir.

Farklı enerjideki X ışınlarını ayırt etmek için birkaç yaklaşım söz konusudur. Bunun için günümüzde kullanılan bir teknoloji farklı X ışını kaynağına karşılık gelen iki farklı dedektör sisteminin aynı gantri içine yerleştirilmesidir. Bir diğer yaklaşım ise katmanlı veya sandviç dedektör sistemi olup tek ışık kaynağı karşısına yerleştirilmiş ve farklı spektral hassasiyet gösteren dedektör teknolojisidir (11). Bu katmanlı dedektör sisteminde düşük enerjili veriler içi kısımda, yüksek enerjili veriler ise dış kısımda bulunan dedektör katmanı tarafından toplanır.

- **Doku Özellikleri**

DEBT sistemde tanı yeterliliği için farklı spektrumda X ışınları ve bunları tespit edebilecek dedektör teknolojisi dışında incelenen dokunun da gerekli spektral farklılığı sağlayabilecek özellikte olması gerekir. Bu gerekliliği anlayabilmek için dokuların X ışınları ile etkileşiminin bilinmesi gerekir.

X ışını madde ile daha doğrusu atom ile farklı şekillerde etkileşebilir. BT incelemede X ışınlarının madde ile etkileşimi sonucu meydana gelen olaylardan iki tanesi önemli rol oynamaktadır ve radyolojik açıdan değerlidir. Bunlar sırası ile Compton saçılması ve fotoelektrik olaydır. Bir atomun elektron yörüngeleri çekirdek etrafında atoma bağlanma enerjisine göre yüksek enerjili seviyelerden düşük enerji seviyelerine doğru sıralanmaktadır ve içten dışa doğru K,L,M... gibi harflerle temsil edilirler.

Compton saçılması gelen X ışınının atomun dış yörüngelerdeki daha düşük bağlanma enerjisine sahip elektronları sökmesi sonucu oluşur. Bu olayda gelen ışının enerjisi azalır ve yön değiştirerek yoluna devam eder dolayısıyla tam bir soğrulma olmaz. Açığa çıkan elektrona ise “recoil” veya “Compton” elektronu denir. Yoluna devam ışın yani saçılan ışın her yöne doğru saçılma gösterebilir. Dolayısıyla doku içerisinde enerjisine bağlı olarak aynı olayların tekrarına veya dedektörlere ulaşarak görüntü kalitesinin bozulmasına neden olabilir.

Fotoelektrik olayda X ışını atomdan bir elektron söker ki sökülen bu elektrona fotoelektron denir ve enerjisini tümüyle atoma aktardığından sönmülenerek kendisi kaybolur. Dolayısıyla fotoelektrik olay tam bir soğrulmadır. Fotoelektrik etki, gelen ışının enerjisinin elektronların K yörüngesine bağlanma enerjisini geçtiği anda hızla artar ve gelen foton enerjisinin daha da artması halinde ise hızla azalmaya başlar. Elektrona sökülen atom yörüngeler arası elektron aktararak sökülen elektronun yerini üst yörüngeler tarafından doldurur. Yörüngeler arası enerji farkından dolayı oluşan enerji potansiyeli ya bir elektronun atomdan atılmasına neden olur (Auger olayı) ya da karakteristik radyasyon şeklinde ortama yayılır. Elektronların bağlanma enerjisi K yörüngesinde en fazla olduğundan fotoelektrik

soğrulma da bu seviyede en fazladır. Fotoelektrik olay atom numarası (Z) ile doğru orantılıdır. İnsan vücudunda yaygın bulunan hidrojen (Z=1), oksijen (Z=8), karbon (Z=6) gibi atomların atom numarası düşük olup yeterli fotoelektrik aktivite gösteremezler. Buna karşılık iyot (Z=53), kalsiyum (20) gibi moleküller yeterli fotoelektrik aktivite göstererek gerekli spektral ayrışmayı sağlayabilmektedirler (12).

- **Radyasyona Maruz Kalma**

Çift kaynaklı dual enerji BT sistem uygulamalarda, aynı vücut alanından elde edilen rutin BT uygulamalarına kıyasla daha fazla bir radyasyon dozu gerekli değildir(10). Çift kaynaklı BT uygulamasında tüp akımının, tek kaynaklı BT uygulaması ile benzeşecek düzeyde ayarlanabileceği ifade edilmektedir (13).

Kosmala A. ve ark. tarafından yapılan ve 278 hastayı kapsayan retropsektif bir çalışmada makul ölçülerde düşük radyasyon ile çift kaynaklı dual enerji BT kullanılarak yeterli kalitede görüntü elde etmenin mümkün olduğu gösterilmiştir (14). Buna karşılık Ho ve arkadaşları tarafından yapılan diğer bir çalışmada hızlı voltaj değiştirme temeline dayanan çift enerjili BT uygulamasında iki-üç kat daha fazla doz gereksinimi olduğu belirtilmiştir (15). Hızlı voltaj değiştirme temeline dayanan dual enerji uygulamasına yönelik diğer bir çalışma Li ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, dual enerji inceleme ile alınacak dozların rutin protokolde çekilen BT tekniğine göre gövde incelemelerinde % 14, kraniyal incelemelerde % 22 oranında daha fazla olduğu bildirilmiştir (16).

2.3. Dual Enerji BT Klinik Uygulamaları

- **Sanal Monoenerjetik Görüntüleme**

Bu yöntem görüntü kontrastını iyileştirmek için kullanılan bir yöntemdir. Uygulanan alanda kemik ve su yoğunluğu değerlendirilerek düşük ve yüksek kVp değerlerinde birleştirilir. Bu bilgiler görüntü gürültüsünü azaltmak için işlenir. Böylece tek enerjili BT uygulamaları ile karşılaştırıldığında daha iyi iyot kontrast-gürültü oranı elde edilir (17). Artan iyot kontrast-gürültü oranı ile iyileştirilmiş düşük

keV görüntüler daha iyi uzaysal çözünürlük sağlar (18). Küçük damarların daha iyi gösterilmesi veya kullanılan iyot kontrast madde oranını azaltmak için tercih edilebilir bir özellik sağlar.

- **Sanal Kontrastsız Görüntüleme (VNC) ve İyot Haritalaması**

VNC yöntemi dual enerji uygulamalarında kullanılan bir materyal ayrıştırma yöntemidir. Materyal ayrıştırma yönteminde, dual enerji sistem uygulamaları, yağ ve yumuşak doku temelinde her vokselde var olan iyot kontrastını belirlemektedir.

VNC yöntemi ile kontrast madde uygulama öncesi tarama gerekliliğini ortadan kaldırmak mümkündür. Özellikle çocuk hastalarda BT-Ürografi incelemelerinde kullanılarak sanal kontrastsız görüntüler oluşturulabilmekte ve hastaların aldığı doz azaltılabilmektedir (19). Yapılan çalışmalarda, VNC görüntülemeye kalsifikasyonların boyutları gerçek kontrastsız incelemeler ile kıyaslandığında daha küçük olma eğilimindedir (20, 21). Bu nedenle küçük kalsifikasyonlar veya taşlar atlanabilmektedir. Tam tersine sanal görüntülerde tam olarak ayırt edilememiş olan iyot kalıntıları da yanlış negatif bulgulara yol açabilmektedir (19).

Batın uygulamalarında bu yöntem ile kolesterol içerikli safra kesesi taşları daha iyi görüntülenebilir. Ayrıca karaciğerde demir birikimi, sinovyal hemosiderozis gibi hastalıklarda özellikle MR uygulamanın kontraendike olduğu durumlarda alternatif olarak uygulanabilir (22, 23).

Kontrastlı dual enerji BT uygulamalarında iyot haritalaması vücudun birçok bölgesinde kullanılabilen önemli bir uygulama haline gelmiştir.

Torakal bölge incelemelerinde akciğerlerin iyot dağılımı gösterilerek özellikle konvansiyonel pulmoner BT anjiyografide gösterilemeyen kama şekilli lezyonlar gösterilebilir (24). Böylece akciğer perfüzyon grafi incelemesine bir alternatif olarak pulmoner tromboembolizm tanısına katkı amaçlı kullanılabilir.

Kardiyovasküler incelemelerde miyokardiyal iyot haritalaması kullanılarak olası koroner arter darlıklarının tespiti ve miyokardiyal etkilenim tespit edilebilir. Hemodinamik olarak anlamlı koroner arter darlıklarında dual enerji stres miyokard perfüzyon BT uygulamanın koroner BT anjiyografiden daha etkin olduğu gösterilmiştir (25).

Tüm bu uygulamalar dışında materyal farklılaştırma özellikleriyle dual enerji BT sistem uygulamaları, üriner sistem taşlarının kalsiyum taşı-ürük asit taşı açısından ayrıştırılması, gut artropatilerinde meydana gelen monosodyum ürat kristallerinin birikimini gösterme, kemik yapıların çıkarılarak baş-boyun incelemelerinde anjiyografik verilerin elde olunması, akciğer incelemelerinde kan akım hızları kullanılarak periferik pulmoner tromboembolizmlerin tanısı gibi birçok farklı alanda daha kullanılabilmektedir (26).

2.4. COVID-19 Hastalığı

COVID-19 hastalığı, ilk olarak 2019 yılı aralık ayında Çin’de ortaya çıkan ve kısa zamanda tüm dünyaya yayılan bulaşıcı bir hastalıktır (27). Hastalığın tüm dünyaya yayılmasıyla, 11 Mart 2020 tarihinde Dünya Sağlık Örgütü tarafından pandemi olarak ilan edilmiştir (28). İlk olarak atipik pnömoni vakaları ile ortaya çıkan hastalığın etkeni kısa sürede belirlenmiş ve insanlarda yeni görülen bir Koronavirüs tipi olduğu bildirilmiştir. 2019-nCov adı verilerek tanımlanan bu virüsün yaptığı hastalık ise COVID-19 (Koronavirüs Hastalığı-2019) adını almıştır (29). Daha sonra aynı aileye ait SARS-CoV virüsüne benzerliği nedeni ile tanımlanan yeni virüsün adı SARS-CoV-2 olarak değiştirilmiştir.

Tek zincirli bir RNA virüsü olan SARS-CoV-2 virüsü, Coronaviridae ailesinin Koronavirüs türüne ait bir virüstür. SARS-CoV-2 insandan insana damlacık yolu, direkt ya da indirekt temas ile bulaşabilmektedir (30). Ortalama kuluçka süresi 5.1 gün olarak bildirilmiştir ve 2 ile 14 gün arasında değişiklik göstermektedir (31). Hastalıkta ateş ve solunum yolu belirtileri ortalama 3-7 gün sonra başlamaktadır. Hafif ve orta derecede değişen nonspesifik semptomlardan ağır alt solunum yolu semptomlarına kadar çeşitli bulgular görülebilmektedir (32). Ön planda ortaya çıkan

ve yaygın olarak görülen bulguların başında ateş, yorgunluk, kuru öksürük ve nefes darlığı gelmektedir (33). Ayrıca baş ağrısı, bilinç bulanıklığı kusma, ishal diğer bulgular arasındadır.

COVID-19 hastalığının öldürme oranı yapılan çalışmalarda % 5 oranında gösterilmiştir (34). Ölen hastaların % 31.5'inde komorbid bir durum (kronik hastalık öyküsü, kanser, majör enfeksiyon, >60 yaş gibi) tespit edilmiştir (34).

SARS-CoV-2 virüsü ön planda solunum sistemini etkileyen bir hastalık tablosu oluşturmaktadır. Bulgular hafif vakalarda viral üst solunum yolu enfeksiyonu bulguları şeklinde ortaya çıkar. Hastalığın şiddetine göre hafif pnömoni gibi alt solunum yolu enfeksiyon bulgularından akut respiratuvar distres sendromu (ARDS), sepsis gibi ölümcül komplikasyonlara kadar farklı tablolar ortaya çıkabilmektedir. Hastalığın neden olduğu organ hasarının temelindeki mekanizmayı açıklamak adına farklı araştırmalar ortaya konulmuştur. COVID-19 hastalığında özellikle akciğer en sık tutulumun gerçekleştiği organdır. Akciğerde ortaya konulan en belirgin histopatolojik bulgular yamalı ya da diffüz konsolidasyon alanlarından yaygın süpüratif bronkopnömonik infiltrasyonlara kadar değişken tutulumlardır (35). Hem akciğer tutulumunun hem de multiorgan tutulumlarının temelinde ACE2 reseptör proteini önemli rol almaktadır. Virüsün etkilediği hücrelerde ACE2 gen ekspresyonunu azaltması neticesinde anjiyotensin 2 aracılığı ile inflamatuvar sürecin başladığı ve doku hasarının geliştiği bilinmektedir. Bu viral doku hasarının temelinde “MicroCLOTS (microvascular COVID-19 lung vessels obstructive thromboinflammatory syndrome)” adıyla ortaya konulan kompleks bir sürecin yatabileceği bildirilmiştir (36). MicroCLOTS, hastalığın oluşturduğu doku hasarının temelinde mikrovasküler düzeyde gelişen pulmoner tromboz ve viral hasara sekonder gelişen inflamatuvar sürecin birlikte olan etkisini tanımlamaktadır. İnflamatuvar sürecin sebebi hastalarda gelişen “sitokin fırtınası” olarak tanımlanmaktadır ve bu süreçte tumor necrosis factor α (TNF- α), IL-1 β , IL-8, IL-12, interferon-gamma inducible protein (IP10), macrophage inflammatory protein 1A (MIP1A), ve monocyte chemoattractant protein 1 (MCP1) gibi bir çok sitokin birlikte rol almaktadır (37). Bu sitokin fırtınasının aslında hastalıkta tüm organlarda

gelişen doku hasarının da temeli olduğu ifade edilmiştir ve sepsis, multipl organ yetmezliği gibi birçok tablodan sorumlu tutulmuştur.

COVID-19 hastalarında koagülasyon fonksiyon bozukluklarının olduğu gösterilmiştir. Bununla ilişkili olarak bir fibrin yıkım ürünü olan D-dimer seviyelerinin COVID-19 hastalarında hastaneye yatış için en çok kullanılan laboratuvar parametrelerinden biri olduğu bildirilmektedir (38). D-dimer, klinik uygulamalarda derin ven trombozu, pulmoner emboli, dissemine intravasküler koagülasyon, renal ve hepatik yetmezlikler, maligniteler gibi koagülasyon bozukluklarında sıklıkla kullanılan bir laboratuvar parametresidir. Bununla birlikte şiddetli COVID-19 hastalarında D-dimer seviyelerinde anormal artış olduğu ve hasta prognozu ile korelasyon gösterdiği bir çok yayında ifade edilmiştir (39, 40).

2.4. COVID-19 Hastalığının Kardiyak Etkileri

COVID-19 hastalığında kardiyak etkilenimin patofizyolojisini açıklamak üzere muhtemel birkaç mekanizma ortaya konulmuştur. Muhtemel ilk mekanizma koronavirüs enfeksiyonunun vücutta meydana getirdiği sitokin fırtınası ile ortaya çıkan inflamatuvar sürecin kardiyovasküler yapılar üzerinde oluşturduğu indirekt hasardır. İkinci olarak kalp kası hücrelerine virüsün direkt invazyonu sonucu oluşabilecek miyokardiyal hasar bildirilmiştir. Ayrıca diğer muhtemel sebep virüsün respiratuvar sistemde oluşturduğu enfektif sürece bağlı olarak meydana gelen hipoksinin kalp kası hücreleri üzerinde oluşturduğu oksidatif stres ve hasardır (41).

SARS-CoV-2 virüsünün, hücre girişi için kullandığı varsayılan ACE2 proteini respiratuvar sistemde, barsak enterosit hücrelerinde, kalp kası hücrelerinde ve vasküler endotelial hücrelerde bulunabilen bir proteindir. ACE2 proteini respiratuvar sistemde proinflamatuvar bir faktör olarak görev yapan anjiotensin-2 adı faktörü parçalamakla görevlidir (42). SARS-CoV-2 virüsünün ACE2 inhibisyonuna neden olarak inflamatuvar süreci başlattığı düşünülmektedir. Böylece sadece akciğer hasarı değil multiorgan disfonksiyonu gibi sistemik hasarlara neden olabilecek sistemik sitokin salınımının başladığı ifade edilmektedir (43). Sistemik inflamasyon

vasküler plakları daha duyarlı hale getirmekte ve prokoagulan aktivitesi ile birlikte kardiyovasküler hastalık riskini arttırmaktadır (44).

Ortaya konulan patofizyolojik süreçler COVID-19 hastalarında gelişen miyokardiyal hasarın sebepleri olarak gösterilmektedir. Bu hastalarda miyokardiyal hasarın düşük oranda değil aksine yaygın olduğu çeşitli yayınlarda bildirilmektedir (45). Bu miyokardiyal hasarların etiolojisinden akut miyokardit, akut miyokard enfarktüsü, aritmiler, kardiyomiyopatiler ve akut kalp yetmezlikleri gibi kardiyak komplikasyonlar sorumlu tutulmaktadır (46).

COVID-19 hastalarında gelişen akut koroner sendrom, kalp yetmezliği, aritmi gibi kardiyak komplikasyonlarda serum kardiyak troponin (cTn) değerlerinin yükseldiği gösterilmiştir. Ayrıca tespit edilebilir kardiyak troponin-I seviyelerinin COVID-19 hastalarının birçoğunda yükseldiği tespit edilmiştir (47). COVID-19 hastalarında kardiyak troponin seviyelerinde izlenen bu artışın mekanizması tam olarak aydınlatılamamıştır. Troponin seviyelerinde izlenen yüksekliğin koroner patolojilerden ziyade miyokardit gibi non-koroner patolojileri yansıttığının daha muhtemel olduğu ifade edilmektedir (48). Rapor edilen bazı olgularda hastalarda akut miyokard enfarktüsünü yansıtır EKG anormallikleri ve troponin seviyelerindeki anormal yükseklik bulgularına rağmen konvansiyonel koroner anjiyografide koroner damarlarda trombüs izlenmemiştir (49). İtalya merkezli yapılan bir çalışmada COVID-19 hastalarında troponin seviyelerindeki artışın hastalarda kliniğin kötüleşeceğinin ve daha agresif tedavi verilmesi gerektiğinin göstergesi olarak bildirilmiştir (50).

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamız T.C. Sağlık Bakanlığı Klinik Araştırmalar Kurulunun ve ayrıca Atatürk Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulunun 01.10.2020 tarih ve 8 sayılı oturumunun 5 nolu etik kurul onayı ile yapılmıştır. Çalışmaya dâhil edilen hastalardan pandemi nedeni ile yazılı onam belgesi alınmıştır.

3.1. Hasta Popülasyonu

Hasta popülasyonu Atatürk Üniversitesi Araştırma Hastanesi bünyesinde COVID-19 tanısı ile yatan hasta grubu içinden oluşmaktadır. Retrospektif olarak hastanemizde PCR testi ve bilgisayarlı tomografi bulguları eşliğinde COVID-19 kesin tanısı ile yatmış olan hastalar arasından göğüs ağrısı şikâyeti nedeni ile kardiyolojiye konsülte edilen ve kardiyoloji konsültanı tarafından koroner vasküler patoloji veya miyokardit gibi kardiyak patoloji şüphesi olan hastalar araştırmaya dahil olmuştur. Bu hastalarda dual enerji sistem kardiyak BT anjiyografi çekimi yapılmış böylece hastalarda hem koroner arterler hem de miyokardiyal dokunun değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çekim süresi uzunluğu ve kapalı sistem olması dikkate alınarak göğüs ağrısı bulunan bu hastalarda nefes tutma problemlerinin varlığı nedeni ile MRG inceleme yapılamamış buna karşılık hastalarda göğüs ağrısına neden olabilecek koroner vasküler patolojilerin yanı sıra miyokardit, perikardit gibi patolojilerin araştırılması ve kardiyak yapıların değerlendirilmesi hedeflenerek dual enerji uygulaması tercih edilmiştir.

Dışlama kriteri olarak hastalarda daha önce bilinen herhangi komorbid hastalık (koroner arter hastalığı, hipertansiyon, hiperlipidemi, diyabet, koroner stent veya by-pass öyküsü, aritmi varlığı vb.) varlığı yeterli bulunmuş ve bu hastalar çalışma grubuna dâhil edilmemiştir. Dual enerji koroner BT çekimi yapılan 26 hasta tespit edilmiştir. Bu gruptan 2 hastada diyabet öyküsü ve daha önce uygulanmış koroner stent varlığı, 3 hastada ise çekim kalitesinin yetersiz olması nedeni ile toplam 5 hasta çalışma grubuna dâhil edilmemiştir. Böylece daha önce bilinen koroner arter hastalığı, diyabet, hiperlipidemi gibi herhangi komorbid hastalığı bulunmayan ve göğüs ağrısı olan 21 tane COVID-19 vakası çalışma grubuna

alınmıştır. Bu hasta grubunda derin venöz tromboemboli, pulmoner emboli, karaciğer ve böbrek yetmezliği gibi D-dimer yüksekliğine sebep olabilecek etiyolojik faktörler araştırılmış ve ekarte edilmiştir.

Kontrol grubu olarak hastanemiz bünyesinde koroner arter hastalığı şüphesi ile daha önce tarafımızca dual enerji koroner BT çekimi yapılmış ancak bilinen koroner arter hastalığı, hiperlipidemi, diyabet, hipertansiyon gibi hastalık öyküsü olmayan ve COVID-19 PCR testi negatif 19 hastanın görüntüleri kullanılmış ve COVID-19 pozitif hasta grubu ile karşılaştırma yapılmıştır.

3.2. Dual Enerji Koroner BT Protokolü ve Görüntü Analizi

Hastalara uygulanmış olan DEBT incelemeleri Somatom Definition Flash (Siemens Sağlık Hizmetleri, Forchheim, Almanya) adlı 256 kesit, çift X ışını kaynağı bulunan, multidedektörlü BT cihazında gerçekleştirilmiştir.

Kalp hızına bağlı olarak retrospektif düşük adım faktörlü, EKG-kanallı spiral tarama modu kullanıldı. Çekim yapılan hastalarda cihaz tarama protokolleri şu şekillerde uygulandı: Tüp voltajı 80 kVp/Sn140 kV (140 kV kalay filtreli); akım, 165 mA/140 mA; kolimasyon, 64 0.6 mm; dönme süresi, 0.28 saniye; adım faktörü, otomatik; tarama yönü, kraniyokaudal; kesit genişliği, 0.6 mm; artış oranı, 0.3 mm; esas D33f kalp görünümü. Hastalar mevcut çekim protokolü uygulanarak DEBT çekimi yapılmış ve DEBT taramalarının radyasyon doz ve süre bilgisi kaydedilmiştir.

Dual Enerji BT görüntüleri özel bir çalışma platformu olan Syngo (Syngo Çoklu Modalite Laboratuvarı; Siemens, Erlangen, Almanya) adlı çalışma programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Her iki hasta grubunda koroner arterler ve miyokardiyal dokular iyot haritalaması ile değerlendirilmiştir. Ayrıca hastalarda göğüs ağrısına neden olabilecek ana koroner arterlerde darlık, koroner arterlerde varyasyon, miyokardiyal bridging gibi patolojiler araştırılmıştır. Miyokardiyal dokunun incelenmesi kalp incelemelerine özel bir algoritma kullanılarak (kalp perfüzyonu kan hacmi) değerlendirilmiştir. Miyokardiyumu DEBT ile değerlendirmeden önce, çalışma programında “dual-enerjide kontrastı normalize

etme” prosedürü uygulanarak inceleme sırasında ön yargının ortadan kaldırılması amaçlanmıştır.

3.3. İstatistiksel Değerlendirme

İstatistiki analizler IBM SPSS v25.0 programı kullanılarak yapılmıştır. Hastalarda değişkenlerin dağılımlarını belirlemek için Kozmogorov Smirnov ve Shapiro Wilk Testleri kullanıldı. Vaka ve kontrol grubunda normal dağılım göstermeyen istatistiki veriler normal dağılım göstermeyen testler ile yapıldı. Her iki grupta yaş dağılımı açısından uyumluluk Mann-Whitney U testi, cinsiyet dağılımı açısından uyumluluk Ki-kare testi ile değerlendirildi. Hastalarda dual enerji BT incelemede koroner arter darlığı ve miyokart perfüzyon defekti varlığı var veya yok şeklinde değerlendirilmiş olup kategorik değişkenler olarak incelendi. Görüntüler, alanında en az 10 yıllık deneyime sahip Gözlemci 1 ve iki yıllık deneyime sahip Gözlemci 2 tarafından değerlendirildi. Her iki gözlemci arasında hastalarda izlenen miyokardiyal perfüzyon defekt varlığı açısından tutarlılık Cohen’s Kappa katsayısı ile değerlendirilmiştir. Kappa değerine göre tutarlılık; 0 – 0.20 çok az; 0.21 – 0.40 az, 0.41 – 0.60, orta; 0.61 – 0.80, çok; 0.81 – 1.00 mükemmele yakın olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca hastalarda miyokardiyal dokuda izlenen perfüzyon defisit alanları anatomik lokalizasyon açısından da transmiyokardiyal, sentromiyokardiyal ve subendokardiyal olarak değerlendirilmiştir. İstatistiki analizler Gözlemci 1’ e ait veriler ile oluşturuldu. P’nin 0.05’ten küçük olması anlamlı kabul edildi.

4. BULGULAR

Çalışmaya toplam 40 tane hasta dahil edildi. Bu hastaların 21'i COVID-19 pozitif vaka grubu, 19'u ise COVID-19 negatif kontrol grubu idi. Hastaların yaş ortalaması vaka grubunda $42,9 \pm 17,5$ yıl, kontrol grubunda $49,6 \pm 10,7$ yıl olarak saptandı.

Her iki grupta yaş ve cinsiyet dağılımı açısından yapılan değerlendirmede istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmadı ($p=0.138$, $p=0.726$ sırasıyla).

COVID-19 grubunda serum troponin-I (normalin üst sınırı 14 ng/L) ortalama değerleri 3,5 ng/L (0.3-2051), D-dimer ortalama değerleri 390 ng/mL (105-4000) olarak bulundu (Tablo 4.1). Kontrol grupta serum troponin-I ortalama değerleri 2,7 ng/L (0.01-13), D-dimer ortalama değerleri 267 ng/mL (105-426) olarak bulunmuştur (Tablo 4.2).

Tablo 4.1. Vaka Grubunda Yaş, Troponin-I ve D-dimer Dağılımı

	Ortalama $\pm$ Standart Sapma	Medyan (min-max)
YAŞ	$42,95 \pm 17,53$	43,00 (20-73)
TROPONİN-I	$103,77 \pm 446,24$	3,5 (0.3-2051)
D-DİMER	$820,71 \pm 1022,05$	390 (105-4000)

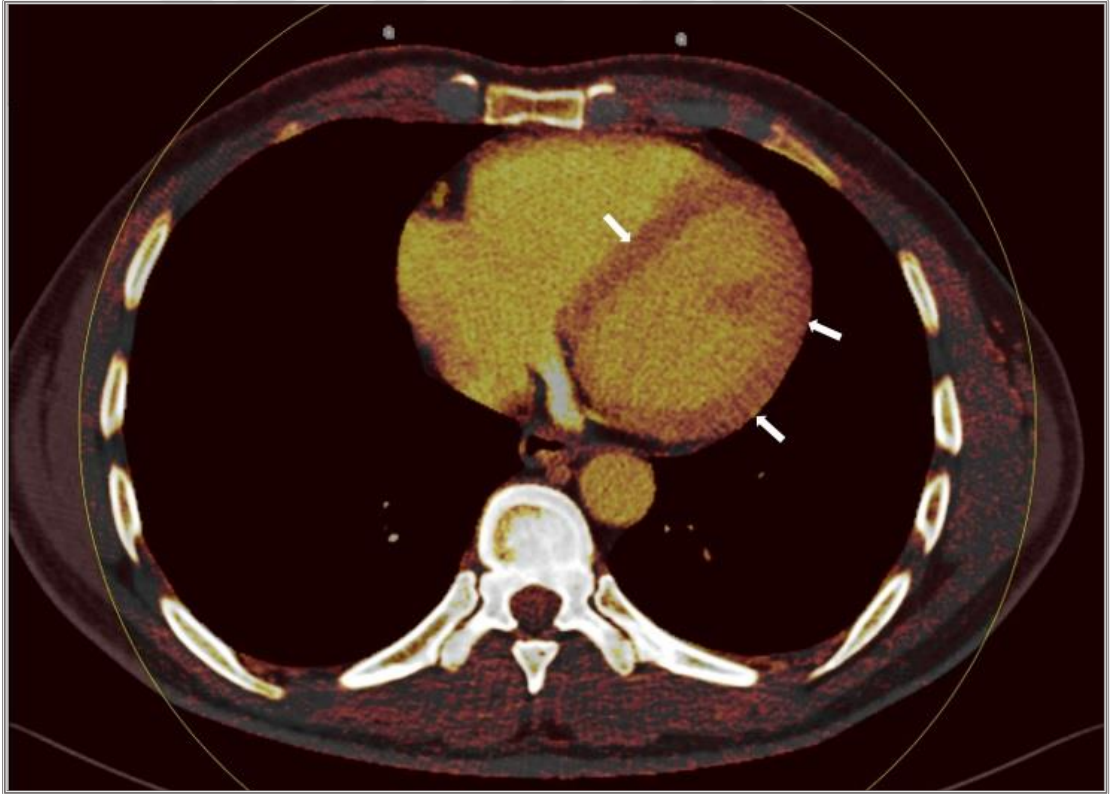
Tablo 4.2. Kontrol Grupta Yaş, Troponin-I ve D-dimer Dağılımı

	Ortalama $\pm$ Standart Sapma	Medyan (min-max)
YAŞ	$49,68 \pm 10,71$	52,00 (28-64)
TROPONİN-I	$3,46 \pm 3,49$	2,7 (0,01-13)
D-DİMER	$273,9 \pm 76,6$	267 (105-426)

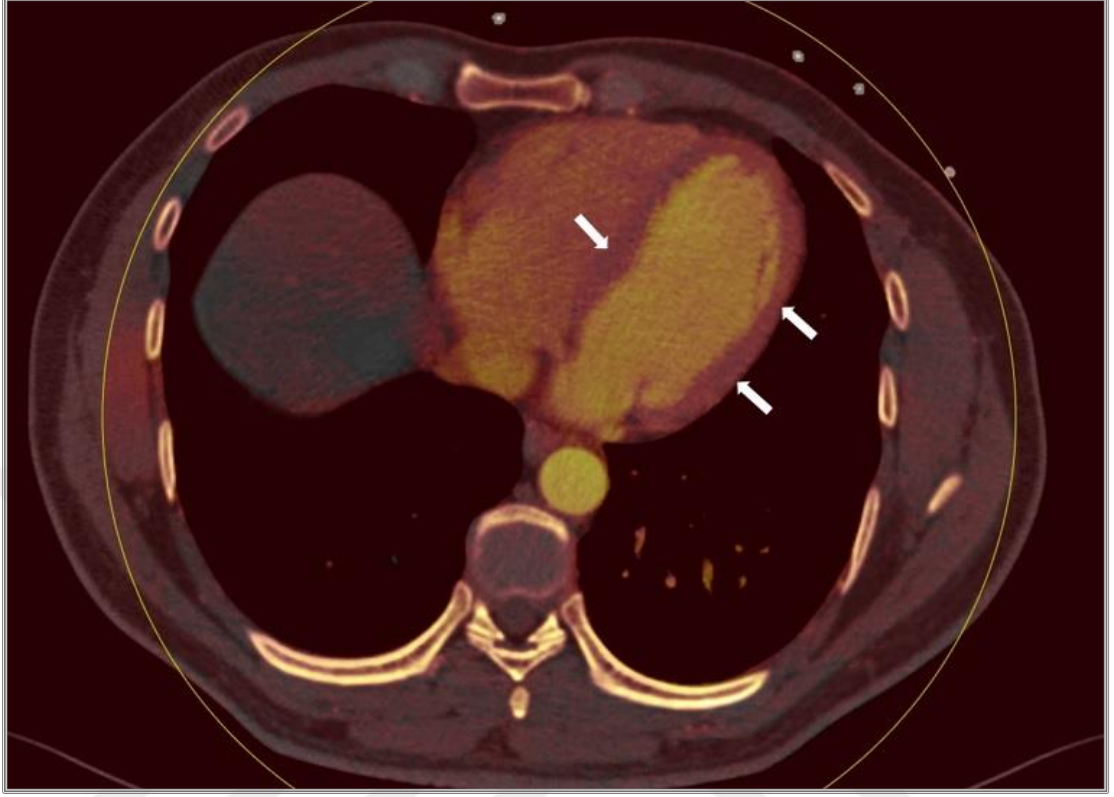
Hastaların koroner arter lümenal patolojiler açısından yapılan değerlendirmede vaka grubunda % 9.5 (n=2) hastada hafif, % 4.7 (n=1) hastada orta

düzeyde, kontrol grubunda % 10.5 (n=2) hastada hafif düzeyde koroner arter darlığı tespit edilmiştir. Her iki hasta grubunda ana koroner arterlerde ciddi düzeyde darlık izlenmedi. Ayrıca tüm hastalarda koroner arterlerde anatomik varyasyon ve miyokardiyal bridging izlenmemiştir.

İyot dağılım haritası ile değerlendirilen miyokart perfüzyon görüntüleme bulgularında vaka grubunda (n=21), % 66.6 (n=15) hastada perfüzyon defekti izlendi. Kontrol grubunda tüm (n=19) hastaların iyot dağılım haritası normal olarak değerlendirildi. İki grup arasında Pearson Ki-Kare testi ile yapılan analizde miyokart perfüzyon bulgularında anlamlı farklılık izlenmiştir ($p<0.001$). Vaka grubunda perfüzyon defekti olma olasılığı 3,5 kat daha fazla bulunmuştur (OR: 3.5 %95 CL: 1.78-6.88). Hastalarda uygulanan DEBT protokülünde kaydedilen efektif doz 5.8 ± 2.7 mSv olarak alındı.



Şekil 4.1. 47 yaşında erkek hastada DEBT incelemede normal miyokardiyal perfüzyon görüntülemeye ait iyot dağılım haritası izlenmektedir. Beyaz oklar ile sol ventrikül serbest duvar ve interventriküler septuma ait normal miyokart doku alanları işaretlenmiştir.

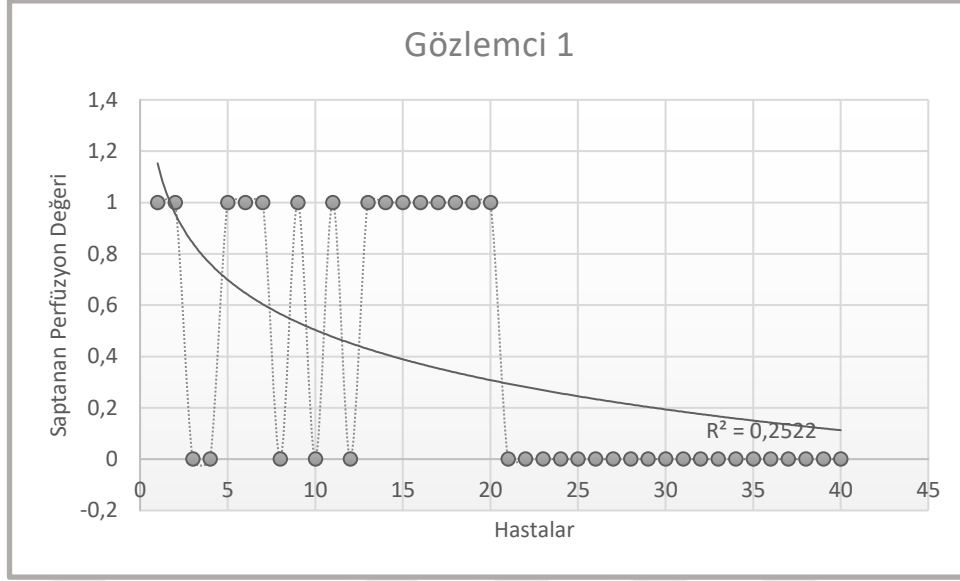


Şekil 4.2. 37 yaşında erkek hastada DEBT görüntülemeye ait iyot dağılım haritası izlenmektedir. Beyaz oklar ile normal perfüzyon bulguları gösteren sol ventrikül serbest duvarı ve interventriküler septuma ait miyokart doku alanları işaretlenmiştir.

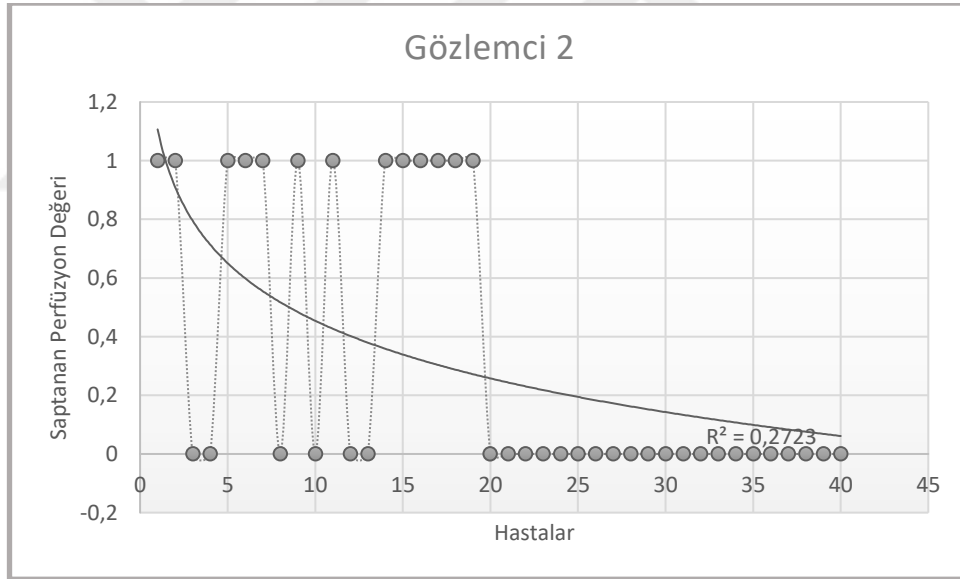


Şekil 4.3. 45 yaşında erkek hastada DEBT görüntülemeye ait iyot dağılım haritası izlenmektedir. Beyaz oklar ile normal perfüzyon bulguları gösteren sol ventrikül serbest duvarı, apeks düzeyi ve interventriküler septuma ait miyokart doku alanları işaretlenmiştir.

Çalışmaya katılan tüm hasta grubunda (n=40), Gözlemci 1 ve Gözlemci 2 arasında miyokart perfüzyon defekti varlığı açısından yapılan analizde anlamlı bir tutarlılık saptandı ($p<0.001$). Yapılan analizde Kappa değeri 0.896 olarak bulundu ve hastalarda miyokardiyal perfüzyon defekti varlığının değerlendirmesi açısından her iki gözlemci arasındaki uyum mükemmel olarak değerlendirildi.



Şekil 4.4. Gözlemci 1 açısından saptanan miyokardiyal perfüzyon değışikliklerinin dağılımı



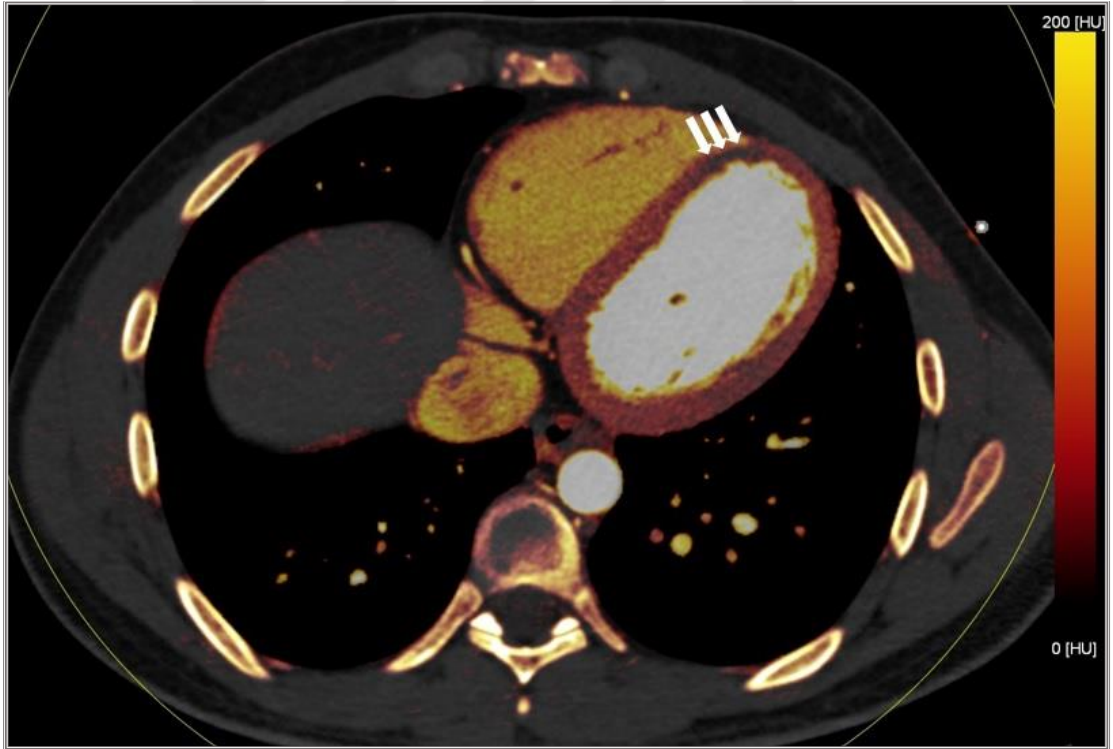
Şekil 4.5. Gözlemci 2 açısından saptanan miyokardiyal perfüzyon değışikliklerinin dağılımı

COVID-19 pozitif hasta grubunda miyokardiyal perfüzyon defekti tespit edilen hastalarda (n=15) izlenen miyokardiyal perfüzyon defektlerinin anatomik olarak lokalizasyon dağılımları şöyle bulundu: % 53.3 (n=8) transmiyokardiyal, % 20 (n=3) sentromiyokardiyal ve % 26.6 (n=4) subendokardiyal.

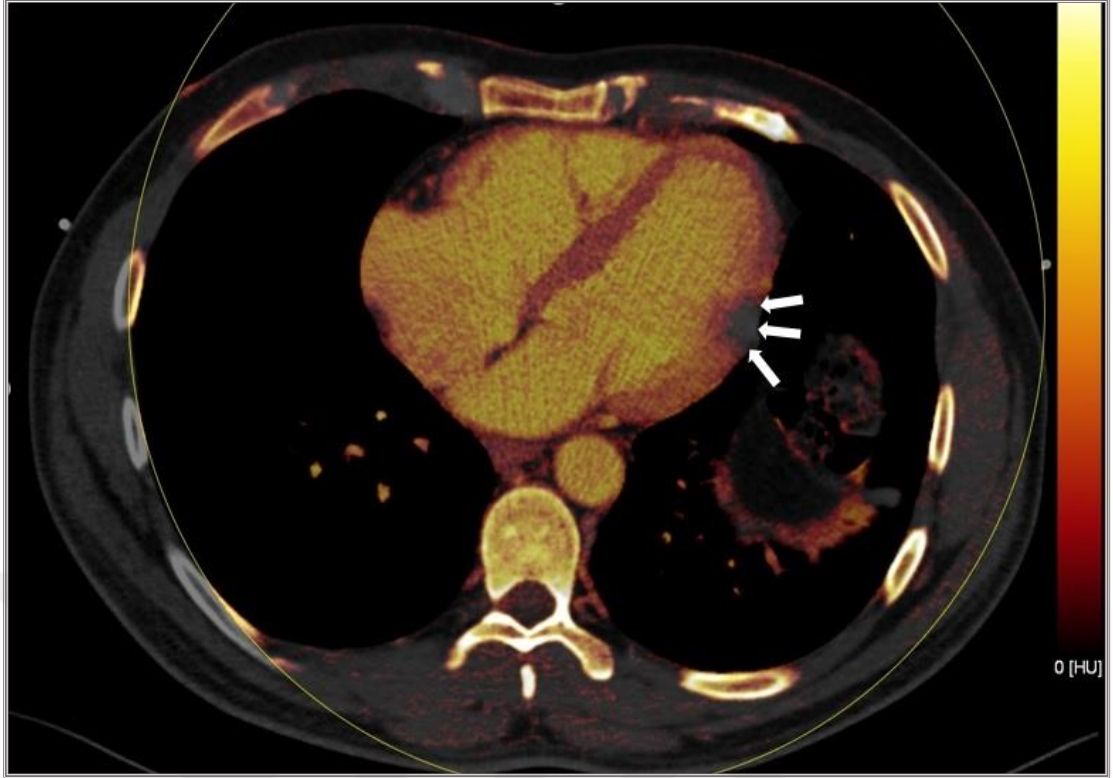
Tablo 4.3. COVID-19 Pozitif Hastalarda İzlenen Miyokart Perfüzyon Defekt Alanlarının Anatomik Lokalizasyon Dağılımı

Lokalizasyon	Transmiyokardiyal	Sentromiyokardiyal	Subendokardiyal
Hasta Dağılımı % (n)	% 53.3 (n=8)	% 20 (n=3)	%26.6 (n=4)

Çalışmaya katılan toplam hasta grubu içerisinde (n=40) miyokart perfüzyon defekti bulunan hastalarda troponin-I değerleri anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ($p=0,046$) ve troponin-I yüksekliği bulunan hastalarda miyokart perfüzyon defekti bulunma olasılığı 1,25 kat fazla bulunmuştur (OR: 1.25 %95 CL: 0.97-1.61). Yalnızca vaka grubu ele alındığında troponin-I yüksekliği ile miyokart perfüzyon defekti varlığı arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır ($p < 0.526$).

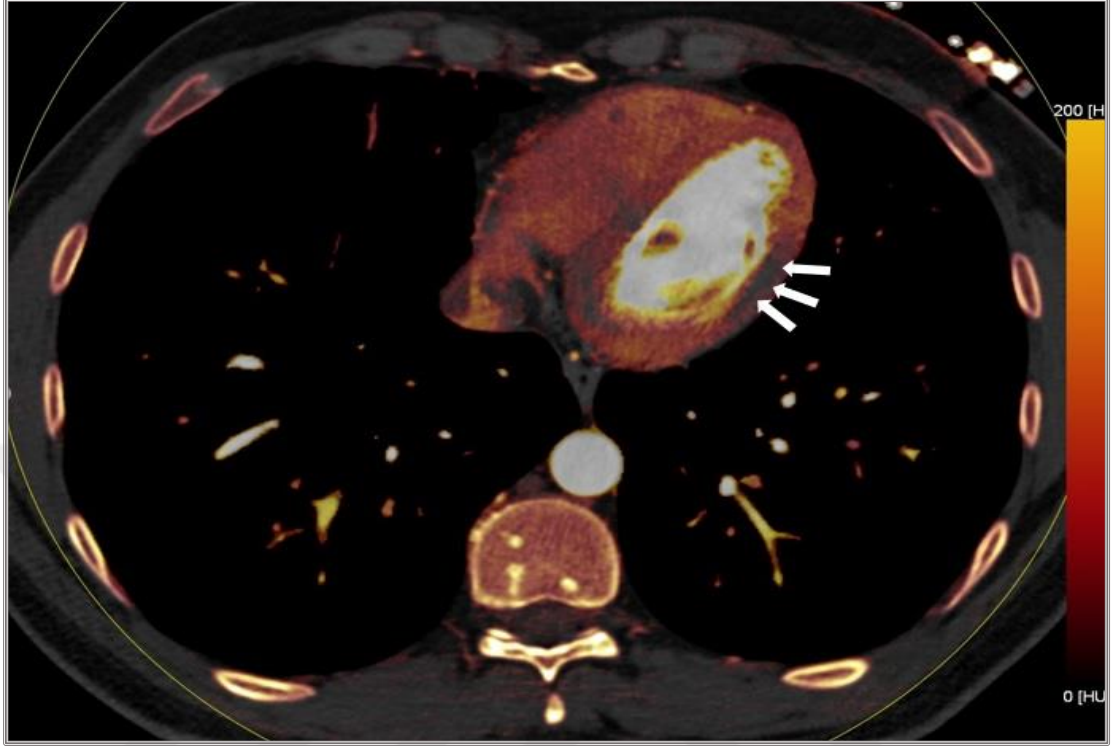


Şekil 4.6. 21 yaşında COVID-19 hastalığı bulunan ve göğüs ağrısı olan erkek hastada DEBT görüntülemesinde iyot dağılım haritası izlenmektedir. Hastada apikal interventriküler seviyede koyu olarak izlenen perfüzyon defekt alanı beyaz oklar ile işaretlenmiştir.

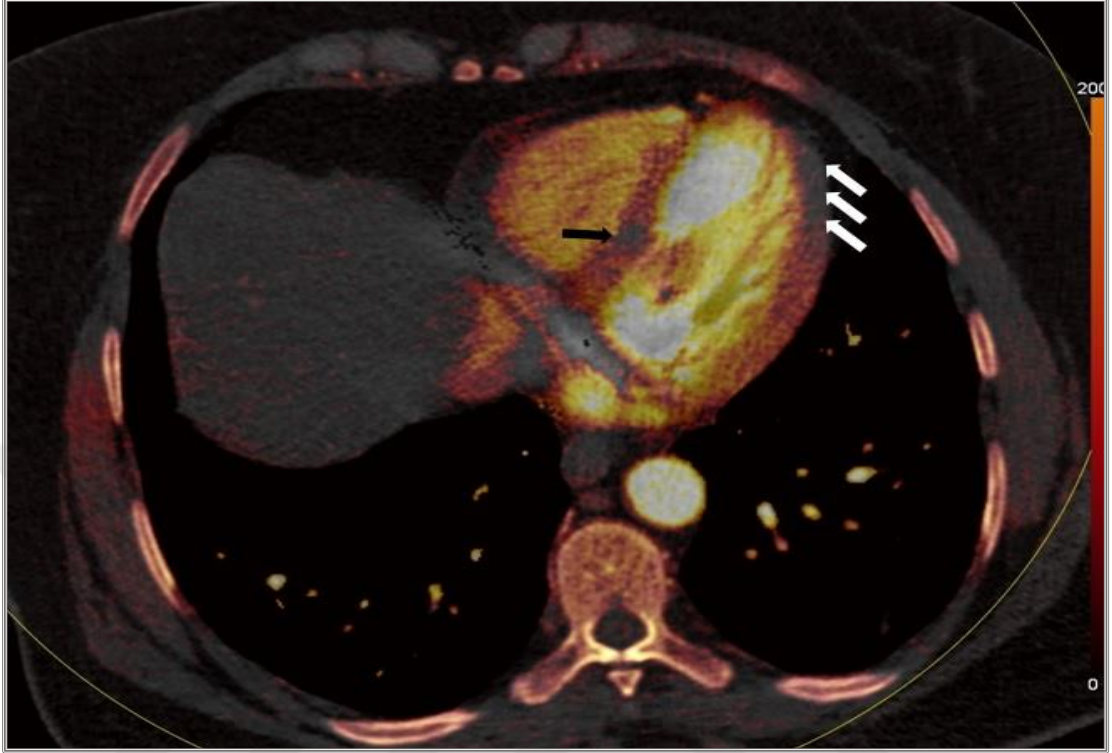


Şekil 4.7. 43 yaşında COVID-19 hastalığı bulunan ve göğüs ağrısı olan erkek hastada DEBT görüntülemeye iyot dağılım haritası izlenmektedir. Hastada sol ventrikül serbest duvarda koyu olarak izlenen perfüzyon defekt alanı beyaz oklar ile işaretlenmiştir.

Vaka grubunda miyokart perfüzyon defekti varlığı ile D-dimer düzeyleri arasındaki ilişki Fisher's Exact Ki-kare testi ile incelenmiştir. Bu hasta grubunda D-dimer yüksekliği ile perfüzyon defekti varlığı arasında anlamlı ilişki bulunmuştur ($p=0,012$). Ayrıca bu hasta grubunda D-dimer normal sınırlarda iken (normalin üst sınırı 500 ng/ml) miyokart perfüzyon defekti izlenmemesi, D-dimer yüksekliğinde izlenen miyokart perfüzyon defekti varlığına göre 3 kat daha yüksek bulunmuştur (OR: 3 %95 CL: 1.47-6.14).



Şekil 4.8. 42 yaşında COVID-19 hastalığı bulunan ve göğüs ağrısı olan erkek hastada DEBT görüntülemesinde iyot dağılım haritası izlenmektedir. Hastada sol ventrikül serbest duvarda koyu olarak izlenen perfüzyon defekt alanı beyaz oklar ile işaretlenmiştir.



Şekil 4.9. 62 yaşında COVID-19 hastalığı bulunan ve göğüs ağrısı olan kadın hastada DEBT görüntülemesinde iyot dağılım haritası izlenmektedir. Hastada sol ventrikül serbest duvarda koyu olarak izlenen perfüzyon defekt alanı beyaz oklar ile işaretlenmiştir. Ayrıca interventriküler septumda siyah ok ile belirtilmiş ikinci bir perfüzyon defekt alanı izlenmektedir.

5. TARTIŞMA

COVID-19 hastalığı yalnızca respiratuvar sistem tutulumu değil birçok ekstrapulmoner sistem tutulumu da oluşturan bir hastalıktır (51). COVID-19 etkeni olan SARS-CoV-2 virüsü ön planda solunum yolu aracılığı ile bulaşmakta ve kuluçka dönemini takiben sıklıkla respiratuvar sistem semptomları ile kendini göstermektedir. Hastalık respiratuvar sistemde, asemptomatik subklinik enfeksiyon tablosuna neden olabildiği gibi diğer koronavirüs etkenleri (SARS-CoV, MERS) ile benzer şekilde akut respiratuvar distres sendromu gibi ölümcül klinik tablolara kadar farklı tablolar oluşturabilmektedir (52).

SARS-CoV-2 virüsünün alveolar epitelyal hücrelere tutunmada kullandığı reseptör proteini ACE2 reseptörüdür. Virüsün hücrelere giriş reseptörü olarak kullandığı bu ACE2 proteini sadece alveolar epitelyal hücrelerde değil kardiyovasküler sistemde, böbreklerde, yağ dokuda, vasküler endotelyal yapılarda yaygın olarak bulunmaktadır (53). ACE2 reseptörü vücutta hemostaz regülasyonu açısından çok önemli bir sistem olan renin-anjiyotensin sisteminde (RAS) görevli bir proteindir ve anjiyotensin 2 üzerinde yüksek bir afinite ile katalitik etkiye sahiptir (54). Özellikle hipoksiye bağlı olarak RAS aktive edilir ve bu sistemde anjiyotensin 2 pulmoner vazokonstriktör bir etkiye sahiptir (55). Bununla ilişkili olarak hastalarda gelişen akciğer hasarının temelinde virüs enfeksiyonu ile ACE2 gen ekspresyonunun inhibisyonu rol almaktadır. ACE2 reseptör proteini aynı zamanda, SARS-CoV-2 virüsünün morbidite ve mortalitesinden sorumlu kardiyak, pulmoner ve renal fonksiyon bozukluklarından sorumlu tutulmaktadır (56).

COVID-19 hastalarında izlenen kardiyovasküler tutulumlar, bu hastalarda gelişen önemli ekstrapulmoner manifestasyonlar arasındadır. Literatürde COVID-19 vakalarında miyokardiyal hasar varlığı oldukça sık bildirilmeye başlanmıştır. Özellikle daha önce yaşanan SARS-CoV virüsü salgınına kıyasla SARS-CoV-2 pandemisinde kardiyovasküler patolojilerin artmış oranda görüldüğü bildirilmektedir (51). Hastalarda miyokart hasarının farklı patofizyolojik temeller üzerinden geliştiği bildirilmektedir. Direkt olarak virüsün miyokart invazyonu, artmış inflamatuvar reaksiyonlar nedeni ile gelişebilecek mikrovasküler trombotik hadiseler ve artmış

hipoksiye sekonder miyokarda oksijen sunumunun karşılanamaması kabul gören başlıca nedenlerdir (41). Öngörülen tüm bu klinik tablolar COVID-19 hastalarında çeşitli kardiyovasküler tablolara neden olmaktadır. Kardiyovasküler etkilenim tespit edilen COVID-19 hastalarında akut miyokart enfarktüsü, miyokardit, kardiyak aritmiler, kardiyomiyopati ve kalp yetmezliği gibi klinik tablolar tespit edilmiştir (46). Tüm bu kardiyovasküler komplikasyonlar COVID-19 hastalarında morbidite ve mortaliteye önemli etkisi olan komplikasyonlardır. Dolayısıyla bu komplikasyonların tespiti ve tedavisi son derece önemli hale gelmektedir. COVID-19 hastalığının teşhisi için toraks görüntüleme yöntemleri sayesinde çok önemli rol alan radyolojik görüntüleme yöntemleri, hastalığın ölümcül kardiyak komplikasyonlarının görüntülenmesi ve erken teşhisi için de kardiyovasküler sistem görüntüleme yöntemleri ile aktif rol almalıdır. Böylece bu hastalarda bildirilen mikrovasküler trombotik olayların kalp üzerindeki etkisi ve gelişen miyokart hasarının gösterilmesi amaçlanmalıdır. Bu sayede COVID-19 hastalarında ani ölümlerin azaltılması ve sağkalımın artırılması mümkün olacaktır.

COVID-19 hastalarında koroner arterleri ve miyokardiyal doku hasarını göstermek için çeşitli çalışmalar ortaya konmuştur. Rehman M. ve ark. tarafından sunulan bir vakada, bilinen medikal öyküsü bulunmayan 39 yaşında göğüs ağrısı şikayeti gelişen COVID-19 tanılı bir hastaya, kardiyak troponin yüksekliği ve EKG bulguları eşliğinde STEMI teşhisi konulmuştur. Bunun üzerine yapılan konvansiyonel koroner anjiyografide hastanın koroner arterlerinde herhangi patoloji tespit edilememiştir (49). Salerno M. ve ark. tarafından yapılan bir kardiyak MRG çalışmasında COVID-19 hastalarında miyokardiyal ödem varlığının tespitine rağmen hastalarda yüksek sensitif kardiyak troponin-I değerlerinin normal olabileceği gösterilmiştir. Aynı çalışmada kardiyak MRG'ın çekim süresinin uzunluğu nedeni ile kontaminasyon ve personele bulaş açısından handikaplarının olduğu ve bu konuda fayda-zarar bakış açısı ile doğru zamanda tercih edilmesi gerektiği vurgulanmıştır (57). Gudrun M. Feuchtnet ve ark. tarafından bildirilen bir vakada bir COVID-19 hastasında koroner BT anjiyografi ve kardiyak MRG ile subendokardiyal iskemi varlığı tespit edilmiş buna karşılık koroner damarlarda vaskülit benzeri bulgular

izlendiğinden hastaya konvansiyonel koroner anjiyografi çekiminden kaçınmışlardır (58).

Yapılan çalışmalar, COVID-19 hastalarında kardiyak komplikasyon şüphesi varlığında multidisipliner bir yaklaşımın gerekli olduğunu, bulaş riskini azaltmak için temas süresini uzatacak görüntüleme yöntemlerinden mümkün olduğunca kaçınmak gerektiğini vurgulamakta, buna karşılık hastalarda gelişebilecek bu tarz ölümcül komplikasyonların tanısının ise hızlı bir şekilde tespit edilmesinin çok önemli olduğu göstermektedir.

Çalışmamızda klinik olarak koroner arter hastalığı şüphesi bulunan COVID-19 pozitif hasta grubu ile kontrol hasta grubunun DEBT yöntemi ile koroner arter lümenal patolojilerini ve miyokardiyal dokulardaki perfüzyon bulgularını değerlendirdik. Her iki grupta da koroner lümenal patolojiler açısından anlamlı farklılık izlenmemiştir. Miyokardiyal perfüzyon bulguları incelendiğinde COVID-19 hasta grubunda, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında anlamlı düzeyde perfüzyon farklılıkları tespit edilmiştir. Ayrıca bu perfüzyon defisit odakları her iki gözlemci tarafından da mükemmel bir uyum ile ortaya konulmuştur. DEBT’de iyot haritalama yönteminde koyu olarak tespit edilen bu perfüzyon defisit odakları COVID-19 hastalarında olduğu düşünülen miyokardiyal hasar açısından anlamlı bulunmuştur.

COVID-19 hasta grubumuzda serum D-dimer düzeyleri ile perfüzyon farklılıkları açısından anlamlı korelasyon bulunmuştur ($p=0,012$). Özellikle D-dimer seviyeleri normal olan hastalarda miyokardiyal dokuda perfüzyon değişikliği izlenmemesi durumu, D-dimer düzeyleri yüksekliği olan ve miyokardiyal dokuda perfüzyon defekti varlığı izlenen durum ile kıyaslandığında istatistiksel olarak 3 kat daha anlamlı bulunmuştur. Bu durum D-dimer negatifliğinin, pozitifliği ile kıyaslandığında bu hasta grubunda daha güvenilir olduğunu göstermektedir. Buna karşılık COVID-19 hasta grubunda troponin-I değerleri ile perfüzyon defekti varlığı arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır.

Hastaların dual enerji koroner BT anjiyografi yöntemi ile değerlendirilmiş olması kardiyak MRG ve konvansiyonel koroner anjiyografi yöntemine göre çekim

süresini dolayısıyla bulaş ve kontaminasyon riskini önemli ölçüde azaltmaktadır. Bunun yanı sıra DEBT sayesinde hem koroner arterler hem de miyokardiyal dokuların değerlendirilmesi mümkün olmaktadır. Ayrıca invaziv yöntem olmaması dual enerji koroner BT anjiyografinin diğer bir avantajını ön plana çıkarmaktadır. Çalışmamızda troponin-I yüksekliği ile perfüzyon defekti varlığı arasında anlamlı bir ilişki bulunmaması, Salerno M. ve ark.'a benzer şekilde COVID-19 hastalarında kardiyak etkilenim olmasına rağmen troponin değerlerinin normal olabileceğini göstermektedir.

Koroner BT anjiyografi yönteminin geliştirilmesi ve hastalar üzerinde uygulanmaya başlaması ile birlikte radyasyon dozları ile ilgi endişeler artmaya başlamıştır. Ancak bilgisayarlı tomografi alanında izlenen teknolojik gelişmeler özellikle dual enerji sistem uygulamaları doz ile ilgili tartışmaları farklı boyutlara taşımıştır. Özellikle çift kaynaklı BT teknolojisinde farklı voltajlarda X ışını kullanma imkanının doğması radyasyon dozları ile ilgili avantajlar ortaya çıkarmıştır. Yüksek tüp voltajı kullanımı dezavantaj gibi görünse de aksine hasta için tanıya katkısı bulunmayan ve spektrumda istenmeyen düşük enerjili X ışını miktarını azaltır. Dolayısıyla hastanın aldığı radyasyon dozuna önemli oranda katkı yapan X ışınlarını filtreleme imkanı sağlar (59). Forte E. ve ark. tarafından yapılan bir çalışmada 128 kesit çift kaynaklı dual enerji BT ile spiral mod çekim tekniği kullanılarak uygulanan dual enerji koroner BT çekimlerinde radyasyon dozunda önemli bir azalma olduğu belirtilmiştir (60). Çalışmamızda uygulanan çekim protokolünde de hastalara uygulanan efektif dozun tek kaynaklı koroner BT anjiyografi ve konvansiyonel anjiyografi tetkiklerine kıyasla daha düşük olduğu izlenmiştir.

Çalışmamızda kısıtlayıcı bazı faktörler mevcuttur. Öncelikle hasta popülasyonunun azlığından dolayı bulgularımızın daha geniş hasta grupları ile yapılacak çalışmalar ile teyit edilmesi gerekmektedir. Hasta popülasyonunun az olması, dolaylı olarak koroner BT çekimi için uygun hasta sayısını da azaltmakta ve bir diğer kısıtlayıcı faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Diğer bir kısıtlama etkeni hasta gruplarında BT incelemesinde koroner arterlerde anlamlı darlık olmaması, konvansiyonel koroner anjiyografi yönteminin invaziv bir yöntem olması ve bulaş

riskinin yüksek olması gibi etkenler göz önüne alınarak ile hastalara konvansiyonel koroner anjiyografi çekilmemiş olması ve bu nedenle koroner arterlerin altın standart yöntem ile değerlendirilememiş olmasıdır. Ayrıca miyokardiyal dokuları incelemeye yönelik altın standart radyolojik yöntem olan kardiyak MRG incelememenin yapılamamış olması başka bir kısıtlayıcı faktör olmuştur. Bununla birlikte çalışmamızda, hastaların BT bulgularında koroner arterlerde lüminal patoloji tespit edilememesine rağmen miyokardiyal perfüzyon değişikliklerinin varlığı, hastalarda olası mikrovasküler düzeyde koagülasyon bozukluklarını veya miyokardit gibi miyokardiyal hasar oluşturabilecek kardiyak etkilenim sebeplerini ön plana çıkarmaktadır.



6. SONUÇ

Çalışmamızda, COVID-19 hastalarında klinik veya laboratuvar verileri ışığında miyokart enfarktüsü, miyokardit gibi kardiyak patoloji şüphesi bulunan olgularda dual enerji kardiyak BT anjiyografi yöntemi, hastalarda koroner arterleri lümenal olarak göstermede ve miyokardiyal hasarı tespit etmede güçlü bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bununla birlikte hastalarda tek bir inceleme yöntemi ile hem koroner arterlerin lümen yapıları değerlendirmek hem de miyokart dokusunun perfüzyon değişikliklerini tespit etmek mümkün olmaktadır.

DEBT yöntemi son yıllarda artan klinik uygulama alanlarına sahip bir tanı yöntemidir. COVID-19 pandemisi döneminde, konvansiyonel koroner anjiyografinin ve kardiyak MRG yönteminin uzun çekim süreleri, temas ve bulaş riskini arttırmaktadır. Ayrıca göğüs ağrısı bulunan ve nefes tutma problemleri ön plana çıkan COVID-19 hastalarında kardiyak MRG çekimi her zaman efektif olmamakta ve sağladığı klinik veriler yetersiz kalabilmektedir. Tüm bu handikaplar birlikte düşünüldüğünde dual enerji kardiyak BT anjiyografi yöntemi, koroner arterlerde lümenal patolojilerin değerlendirilmesi açısından invaziv bir işlem olan konvansiyonel anjiyografinin, miyokardiyal patolojileri göstermesi açısından kardiyak MRG'nin bir alternatifi olarak öne çıkamaya başlayan bir görüntüleme yöntemi olarak literatürde yerini almaktadır.

KAYNAKLAR

1. Sancak B, Cumhur M. Fonksiyonel Anatomi. Ankara2004. 141-54 p.
2. Ozan H. Ozan Anatomi. Ankara: Klinisyen Tıp Kitapevleri; 2005. p. 181-91.
3. Kantarcı M, Okur A. MDBT Koroner Anjiografi. İstanbul: Aktif Yayınevi; 2006.
4. Sevrakov A, Jelnin V, Kondos GT. Electron beam CT of the coronary arteries: cross-sectional anatomy for calcium scoring. AJR Am J Roentgenol. 2001;177(6):1437-45.
5. Rabin DN, Rabin S, Mintzer RA. A pictorial review of coronary artery anatomy on spiral CT. Chest. 2000;118(2):488-91.
6. Graidis C, Dimitriadis D, Karasavvidis V, Dimitriadis G, Argyropoulou E, Economou F, et al. Prevalence and characteristics of coronary artery anomalies in an adult population undergoing multidetector-row computed tomography for the evaluation of coronary artery disease. BMC Cardiovasc Disord. 2015;15(1):112.
7. Öztürka E, Sivrioğlub AK. Normal Koroner Anatomi ve Varyasyonlar. Türk radyoloji seminerleri. 2013;1:36-56.
8. Flohr TG, McCollough CH, Bruder H, Petersilka M, Gruber K, Suss C, et al. First performance evaluation of a dual-source CT (DSCT) system. Eur Radiol. 2006;16(2):256-68.
9. Tuncel E. Klinik Radyoloji genişletilmiş 2. baskı2008. 21 p.
10. Johnson T, Fink C, Schönberg SO, Reiser MF. Dual energy CT in clinical practice: Springer Science & Business Media; 2011.
11. Ergun DL, Mistretta CA, Brown DE, Bystranyk RT, Sze WK, Kelcz F, et al. Single-exposure dual-energy computed radiography: improved detection and processing. Radiology. 1990;174(1):243-9.
12. Michael G. Tissue analysis using dual energy CT. Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine. 1992;15(2):75-87.
13. Johnson TR, Krauss B, Sedlmair M, Grasruck M, Bruder H, Morhard D, et al. Material differentiation by dual energy CT: initial experience. Eur Radiol. 2007;17(6):1510-7.

14. Kosmala A, Petritsch B, Weng AM, Bley TA, Gassenmaier T. Radiation dose of coronary CT angiography with a third-generation dual-source CT in a "real-world" patient population. *Eur Radiol*. 2019;29(8):4341-8.
15. Ho LM, Yoshizumi TT, Hurwitz LM, Nelson RC, Marin D, Toncheva G, et al. Dual energy versus single energy MDCT: measurement of radiation dose using adult abdominal imaging protocols. *Academic radiology*. 2009;16(11):1400-7.
16. Li B, Yadava G, Hsieh J, Chandra N, Kulpins MS. Head and body CTDI_w of dual-energy x-ray CT with fast-kVp switching. *Medical Imaging 2010: Physics of Medical Imaging*; International Society for Optics and Photonics; 2010. p. 76221Y.
17. Leng S, Yu L, Fletcher JG, McCollough CH. Maximizing iodine contrast-to-noise ratios in abdominal CT imaging through use of energy domain noise reduction and virtual monoenergetic dual-energy CT. *Radiology*. 2015;276(2):562-70.
18. Wichmann JL, Gillott MR, De Cecco CN, Mangold S, Varga-Szemes A, Yamada R, et al. Dual-Energy Computed Tomography Angiography of the Lower Extremity Runoff: Impact of Noise-Optimized Virtual Monochromatic Imaging on Image Quality and Diagnostic Accuracy. *Invest Radiol*. 2016;51(2):139-46.
19. Chen CY, Hsu JS, Jaw TS, Shih MC, Lee LJ, Tsai TH, et al. Split-Bolus Portal Venous Phase Dual-Energy CT Urography: Protocol Design, Image Quality, and Dose Reduction. *AJR Am J Roentgenol*. 2015;205(5):492-501.
20. Lee HA, Lee YH, Yoon KH, Bang DH, Park DE. Comparison of Virtual Unenhanced Images Derived From Dual-Energy CT With True Unenhanced Images in Evaluation of Gallstone Disease. *AJR Am J Roentgenol*. 2016;206(1):74-80.
21. Chae EJ, Song JW, Seo JB, Krauss B, Jang YM, Song KS. Clinical utility of dual-energy CT in the evaluation of solitary pulmonary nodules: initial experience. *Radiology*. 2008;249(2):671-81.
22. Omoumi P, Verdun FR, Guggenberger R, Andreisek G, Becce F. Dual-energy CT: basic principles, technical approaches, and applications in musculoskeletal

- imaging (Part 2). *Seminars in musculoskeletal radiology*: Thieme Medical Publishers; 2015. p. 438-45.
23. Luo XF, Xie XQ, Cheng S, Yang Y, Yan J, Zhang H, et al. Dual-energy CT for patients suspected of having liver iron overload: can virtual iron content imaging accurately quantify liver iron content? *Radiology*. 2015;277(1):95-103.
 24. Thieme SF, Johnson TR, Lee C, McWilliams J, Becker CR, Reiser MF, et al. Dual-energy CT for the assessment of contrast material distribution in the pulmonary parenchyma. *AJR Am J Roentgenol*. 2009;193(1):144-9.
 25. Jin KN, De Cecco CN, Caruso D, Tesche C, Spandorfer A, Varga-Szemes A, et al. Myocardial perfusion imaging with dual energy CT. *Eur J Radiol*. 2016;85(10):1914-21.
 26. Goo HW, Goo JM. Dual-Energy CT: New Horizon in Medical Imaging. *Korean J Radiol*. 2017;18(4):555-69.
 27. Huang C, Wang Y, Li X, Ren L, Zhao J, Hu Y, et al. Clinical features of patients infected with 2019 novel coronavirus in Wuhan, China. *Lancet*. 2020;395(10223):497-506.
 28. Cucinotta D, Vanelli M. WHO Declares COVID-19 a Pandemic. *Acta Biomed*. 2020;91(1):157-60.
 29. Organization WH. WHO Director-General's remarks at the media briefing on 2019-nCoV on 11 February 2020. World Health Organization, Geneva Available via <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-remarks-at-the-media-briefing-on-2019-ncov-on-11-february-2020> Accessed. 2020;10.
 30. Englund J, Kim Y, McIntosh K. Human coronaviruses, including Middle East respiratory syndrome coronavirus. *Feigin and Cherry's textbook of pediatric infectious disease* 8th ed Philadelphia (PA): Elsevier Inc. 2019:1846-54.
 31. Park SE. Epidemiology, virology, and clinical features of severe acute respiratory syndrome -coronavirus-2 (SARS-CoV-2; Coronavirus Disease-19). *Clin Exp Pediatr*. 2020;63(4):119-24.
 32. Ge H, Wang X, Yuan X, Xiao G, Wang C, Deng T, et al. The epidemiology and clinical information about COVID-19. *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*. 2020:1.

33. Wang Y, Wang Y, Chen Y, Qin Q. Unique epidemiological and clinical features of the emerging 2019 novel coronavirus pneumonia (COVID-19) implicate special control measures. *J Med Virol.* 2020;92(6):568-76.
34. Li Lq, Huang T, Wang Yq, Wang Zp, Liang Y, Huang Tb, et al. COVID-19 patients' clinical characteristics, discharge rate, and fatality rate of meta-analysis. *Journal of medical virology.* 2020;92(6):577-83.
35. Menter T, Haslbauer JD, Nienhold R, Savic S, Hopfer H, Deigendesch N, et al. Postmortem examination of COVID-19 patients reveals diffuse alveolar damage with severe capillary congestion and variegated findings in lungs and other organs suggesting vascular dysfunction. *Histopathology.* 2020;77(2):198-209.
36. Ciceri F, Beretta L, Scandroglio AM, Colombo S, Landoni G, Ruggeri A, et al. Microvascular COVID-19 lung vessels obstructive thromboinflammatory syndrome (MicroCLOTS): an atypical acute respiratory distress syndrome working hypothesis. *Crit Care Resusc.* 2020;22(2):95-7.
37. Cascella M, Rajnik M, Cuomo A, Dulebohn SC, Di Napoli R. Features, evaluation and treatment coronavirus (COVID-19). *Statpearls [internet]: StatPearls Publishing;* 2020.
38. Zhang L, Yan X, Fan Q, Liu H, Liu X, Liu Z, et al. D-dimer levels on admission to predict in-hospital mortality in patients with Covid-19. *J Thromb Haemost.* 2020;18(6):1324-9.
39. Yu H-H, Qin C, Chen M, Wang W, Tian D-S. D-dimer level is associated with the severity of COVID-19. *Thrombosis research.* 2020;195:219-25.
40. Li Y, Zhao K, Wei H, Chen W, Wang W, Jia L, et al. Dynamic relationship between D-dimer and COVID-19 severity. *British Journal of Haematology.* 2020;190(1):24-7.
41. Tahir F, Bin Arif T, Ahmed J, Malik F, Khalid M. Cardiac Manifestations of Coronavirus Disease 2019 (COVID-19): A Comprehensive Review. *Cureus.* 2020;12(5):e8021.
42. Hamming I, Timens W, Bulthuis ML, Lely AT, Navis G, van Goor H. Tissue distribution of ACE2 protein, the functional receptor for SARS coronavirus. A first step in understanding SARS pathogenesis. *J Pathol.* 2004;203(2):631-7.

43. Zhang H, Penninger JM, Li Y, Zhong N, Slutsky AS. Angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) as a SARS-CoV-2 receptor: molecular mechanisms and potential therapeutic target. *Intensive care medicine*. 2020;46(4):586-90.
44. Zhou F, Yu T, Du R, Fan G, Liu Y, Liu Z, et al. Clinical course and risk factors for mortality of adult inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: a retrospective cohort study. *Lancet*. 2020;395(10229):1054-62.
45. Kang Y, Chen T, Mui D, Ferrari V, Jagasia D, Scherrer-Crosbie M, et al. Cardiovascular manifestations and treatment considerations in COVID-19. *Heart*. 2020;106(15):1132-41.
46. Long B, Brady WJ, Koyfman A, Gottlieb M. Cardiovascular complications in COVID-19. *Am J Emerg Med*. 2020;38(7):1504-7.
47. Gaze DC. Clinical utility of cardiac troponin measurement in COVID-19 infection. *Ann Clin Biochem*. 2020;57(3):202-5.
48. Xiong TY, Redwood S, Prendergast B, Chen M. Coronaviruses and the cardiovascular system: acute and long-term implications. *Eur Heart J*. 2020;41(19):1798-800.
49. Rehman M, Gondal A, Rehman NU. Atypical manifestation of COVID-19-induced myocarditis. *Cureus*. 2020;12(6).
50. Lombardi CM, Carubelli V, Iorio A, Inciardi RM, Bellasi A, Canale C, et al. Association of Troponin Levels With Mortality in Italian Patients Hospitalized With Coronavirus Disease 2019: Results of a Multicenter Study. *JAMA Cardiol*. 2020;5(11):1274-80.
51. Babapoor-Farrokhran S, Gill D, Walker J, Rasekhi RT, Bozorgnia B, Amanullah A. Myocardial injury and COVID-19: Possible mechanisms. *Life Sciences*. 2020:117723.
52. Madjid M, Safavi-Naeini P, Solomon SD, Vardeny O. Potential Effects of Coronaviruses on the Cardiovascular System: A Review. *JAMA Cardiol*. 2020;5(7):831-40.
53. Gheblawi M, Wang K, Viveiros A, Nguyen Q, Zhong J-C, Turner AJ, et al. Angiotensin-converting enzyme 2: SARS-CoV-2 receptor and regulator of the renin-angiotensin system: celebrating the 20th anniversary of the discovery of ACE2. *Circulation research*. 2020;126(10):1456-74.

54. Soro-Paavonen A, Gordin D, Forsblom C, Rosengard-Barlund M, Waden J, Thorn L, et al. Circulating ACE2 activity is increased in patients with type 1 diabetes and vascular complications. *Journal of hypertension*. 2012;30(2):375-83.
55. Cheng H, Wang Y, Wang GQ. Organ-protective effect of angiotensin-converting enzyme 2 and its effect on the prognosis of COVID-19. *J Med Virol*. 2020;92(7):726-30.
56. McLachlan CS. The angiotensin-converting enzyme 2 (ACE2) receptor in the prevention and treatment of COVID-19 are distinctly different paradigms. *Clin Hypertens*. 2020;26(1):14.
57. Salerno M, Kwong RY. CMR in the Era of COVID-19: Evaluation of Myocarditis in the Subacute Phase. 2020;13(11):2340-2.
58. Feuchtner GM, Barbieri F, Luger A, Skalla E, Kountchev J, Widmann G, et al. Myocardial injury in COVID-19: The role of coronary computed tomography angiography (CTA). *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2020.
59. Lell MM, Wildberger JE, Alkadhi H, Damilakis J, Kachelriess M. Evolution in Computed Tomography: The Battle for Speed and Dose. *Invest Radiol*. 2015;50(9):629-44.
60. Forte E, Monti S, Parente CA, Beyer L, De Rosa R, Infante T, et al. Image Quality and Dose Reduction by Dual Source Computed Tomography Coronary Angiography: Protocol Comparison. Dose-Response. 2018;16(4):1-9.