



**T.C.**

**RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ**

**TIP FAKÜLTESİ**

**OKTOJENARYEN BİREYLERDE ÜÇ BOYUTLU VE İKİ BOYUTLU  
EKOKARDİYOĞRAFI İLE ÖLÇÜLEN EF'NİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**Dr. Ramazan GENÇÖRÜ**

**TEZ DANIŞMANI**

**Doç. Dr. Emre DURAKOĞLUGİL**

**UZMANLIK TEZİ**

**KARDİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

**RİZE-2017**

## TEŞEKKÜR

Uzmanlık eğitimim boyunca mesleki ve akademik açıdan deneyim ve tecrübelerinden yararlandığım değerli hocalarım; Anabilim Dalı Başkanımız Doç. Dr. Ömer ŞATIROĞLU, Doç. Dr. Yüksel Çiçek, Doç. Dr. Turan Erdoğan, Doç. Dr. Mustafa Çetin, Yrd. Doç. Dr. Hakan Duman'a teşekkür ederim.

Asistanlığım süresince bilgi, beceri ve deneyiminden faydalandığım, tezimin hazırlanmasında büyük emeği olan değerli hocam Doç. Dr. M. Emre Durakoğlugil'e teşekkür ederim.

Uzmanlık eğitimim boyunca birlikte çalıştığım tüm asistan arkadaşlarıma, koroner yoğun bakım, kardiyoloji servisi ve koroner anjiyografi ünitesi hemşireleri, sağlık memurları ve personellerine teşekkür ederim.

Yetişmemde her türlü desteği veren, gerektiğinde fedakârlık yapan başta annem ve babam olmak üzere kardeşlerime de teşekkür ederim.

Asistanlığım ve tez yazım sürecinde en büyük sabrı gösteren, gerektiğinde yardımcı olan sevgili eşim Dr. Ayşenur Gengörü'ye teşekkür ederim.

Hekimlik hayatımdaki zorlu süreçlerde bana neşe kaynağı olan biricik kızlarım Zümra ve Bahar'a teşekkür ederim.

**Dr. Ramazan GENGÖRÜ**

## ÖZET

**Giriş ve Amaç:** Üç boyutlu ekokardiyografinin kullanıma girmesi ile geometrik varsayımlara ihtiyaç duymadan, sol ventrikül sistol volümü (SSV), diyastol sonu volümü (SSV) ve ejeksiyon fraksiyonu (EF) çok daha güvenilir olarak hesaplanabilmektedir. Toplumda hızla artan oktojenaryen bireylerde üç boyutlu SSV, DSV ve EF ile ilgili yeterli veri bulunmamaktadır. Bu yaşlı popülasyonda iki boyutlu (2D) ve üç boyutlu (3D) ekokardiyografi ile ölçülen EF'nin karşılaştırılmasını amaçladık.

**Gereç ve Yöntem:** Çalışmamıza 2016-2017 yıllarında hastanemizde ekokardiyografileri yapılmış ve görüntüleri kaydedilmiş olan 80 yaş ve üzerinde 40 sağlıklı kişinin (21 kadın, 19 erkek) ekokardiyografi görüntüleri incelendi. Ölçümler için QLab yazılımı (Philips Medical Systems) kullanıldı. Sol ventrikül diyastol sonu volümü, sol ventrikül sistol sonu volümü ve ejeksiyon fraksiyonu modifiye Simpson ve üç boyutlu yöntemle elde edildi.

**Bulgular:** Çalışmamıza katılan hastalarda iki boyutlu ve üç boyutlu ekokardiyografi ile diyastol sonu volümleri sırasıyla  $77,7 \pm 16,9$  ml ve  $79,1 \pm 19,1$  ml ( $p < 0,001$ ), sistol sonu volümü  $27,2 \pm 7,0$  ml ve  $34,0 \pm 8,3$  ml, ( $p < 0,001$ ) ve iki boyutlu EF ve üç boyutlu EF ise sırasıyla  $61,9 \pm 5,0$ , ve  $56,7 \pm 4,7$  olarak bulundu ( $p < 0,001$ ).

**Sonuç:** Çalışmamızda sağlıklı 40 oktojenaryen bireyde üç boyutlu volümleri ve EF'yi hesapladık. EF'yi iki boyutlu ekokardiyografide yüksek; diyastol sonu volümleri ve sistol sonu volümlerini ise üç boyutlu ekokardiyografi ile yüksek saptadık.

**Anahtar Kelimeler:** oktojenaryen, EF, 2D eko, 3D eko, sistol sonu volümü, diyastol sonu volümü

## **ABSTRACT**

**Aim:** The utilization of three-dimensional (3D) echocardiography aids calculation of left ventricular end-systolic volume (ESV), end-diastolic volume (EDV), and ejection fraction (EF) more reliably without requirement of geometrical assumptions. There is not enough information regarding the 3D volumes and EF in the ever-increasing octogenarian population. We planned to compare the 3D volumes and EF with 2-dimensional volumes and EF in this population.

**Study Design:** We included 40 healthy octogenarian subjects (21 female, 19 male) who underwent echocardiography between 2016 and 2017 in our hospital. The stored data of these subjects were analyzed offline with Q-Lab software (Philips Medical Systems). We measured left ventricular EDV, left ventricular ESV, and EF both using Modified Simpson and 3D volumetric methods.

**Results:** We measured end-diastolic volumes as  $77.7 \pm 16.9$  ml and  $79,1 \pm 19.1$  ml ( $p < 0.001$ ), end-systolic volumes as  $27.2 \pm 7,0$  ml,  $34.0 \pm 8.3$  ml ( $p < 0.001$ ), and EF as  $61.9\% \pm 5.0$ ,  $56.7\% \pm 4.7$  ( $p < 0.001$ ) using 2-dimensional and 3D echocardiography, respectively.

**Conclusion:** We measured 3D volumes and EF in 40 healthy octogenarian subjects. 3D volumes were significantly larger and EF was lower compared to volumes, and EF by modified Simpson method.

**Keywords:** Octogenarian, EF, 2D Echocardiography, 3D Echocardiography, End-systolic volume, End-diastolic volume

# İÇİNDEKİLER

|  |      |
|--|------|
| TEŞEKKÜR .....   | ii   |
| ÖZET .....   | iii  |
| ABSTRACT .....   | iv   |
| İÇİNDEKİLER .....  | v    |
| TABLOLAR .....   | vii  |
| KISALTMALAR .....  | viii |
| 1.GİRİŞ VE AMAÇ .....  | 1    |
| 2.GENEL BİLGİLER .....   | 2    |
| 2.1. Yaşlılık .....  | 2    |
| 2.2.Yaşlılık ve kardiyovasküler sistem .....   | 4    |
| 2.3.Yaşlanma ile birlikte kalpte görülen yapısal değişiklikler .....                                   | 4    |
| 2.4.Yaşlanma ile birlikte kalpte görülen fonksiyonel değişiklikler .....                               | 5    |
| 2.3. Ekokardiyografi.....  | 7    |
| 2.3.1.Genel bilgiler .....   | 7    |
| 2.3.2.M-mode ekokardiyografi.....  | 8    |
| 2.3.3.İki boyutlu ekokardiyografi .....  | 8    |
| 2.3.4.Doppler ekokardiyografi .....  | 9    |
| 2.3.4.1. Sürekli dalga Doppler (CW Doppler) .....  | 9    |
| 2.3.4.2. Nabız dalga Doppler (PW Doppler) .....  | 9    |
| 2.3.5. Doku doppler görüntüleme .....  | 10   |
| 2.3.6. Sol ventrikül sistolik fonksiyonlarının iki boyutlu ekokardiyografi ile değerlendirilmesi ..... | 10   |
| 2.3.7. Sol ventrikül bölgesel duvar hareket analizi .....  | 12   |
| 2.3.8.Sol ventrikül diyastolik fonksiyonlarının ekokardiyografi ile değerlendirilmesi .....            | 13   |
| 2.4.Üç boyutlu ekokardiyografi .....   | 15   |
| 2.4.1. Genel bilgiler .....  | 15   |
| 2.4.2.Üç boyutlu ekokardiyografi ile görüntü elde edilmesi .....                                       | 16   |
| 2.4.3.Üç boyutlu ekokardiyografide görüntü modları .....   | 16   |
| 2.4.4.Üç boyutlu ekokardiyografide güçlükler .....   | 17   |
| 2.4.4.1.Temporal ve uzaysal çözünürlük .....   | 17   |
| 2.4.4.2.Nefes tutma ve EKG .....   | 17   |
| 2.4.5.Üç boyutlu ekokardiyografide görüntü optimizasyonu .....   | 18   |
| 2.4.6.Cropping (Kırpma işlemi).....  | 18   |
| 2.4.7.Üç boyutlu ekokardiyografinin klinikte kullanım alanları .....                                   | 18   |
| 2.4.8.Üç boyutlu ekokardiyografinin kısıtlılıkları .....   | 19   |

|   |    |
|---|----|
| 2.4.9.Üç boyutlu ekokardiyografi ile sol ventrikül hacimleri ve sol ventrikül sistolik fonksiyonlarının değerlendirilmesi ..... | 20 |
| 2.4.10. Üç boyutlu ekokardiyografi ile sol ventrikül kitlesinin değerlendirilmesi .....   | 21 |
| 2.4.11.Üç boyutlu ekokardiyografi ile sol ventrikül şeklinin değerlendirilmesi.....   | 21 |
| 2.4.12.Üç boyutlu ekokardiyografi ile sol ventrikül bölgesel duvar hareketlerinin değerlendirilmesi .....                       | 21 |
| 2.4.13.Üç boyutlu ekokardiyografi ile sol ventrikül dissenkronisinin değerlendirilmesi .....                                    | 22 |
| 2.4.14.Üç boyutlu speckle tracking ekokardiyografi .....  | 22 |
| 3.GEREÇ VE YÖNTEM .....   | 24 |
| 3.1.İstatistiksel yöntemler:.....   | 26 |
| 4.BULGULAR .....  | 27 |
| TARTIŞMA.....   | 35 |
| KAYNAKLAR .....   | 41 |



## TABLolar

|  |    |
|--|----|
| Tablo 1: Bazı ülkelerde ve Türkiye’de yaşlanma hızı .....  | 3  |
| Tablo 2: Sol ventrikül sistolik ejeksiyon fraksiyonu sınıflandırması.....  | 12 |
| Tablo 3: Diyastolik disfonksiyonun ekokardiyografik evreleri.....  | 14 |
| Tablo 4: Çalışmaya katılan hastaların demografik verileri.....   | 27 |
| Tablo 5: İki boyutlu ekokardiyografik ölçümler.....  | 28 |
| Tablo 6: Cinsiyete göre verilerin karşılaştırılması.....   | 29 |
| Tablo 7: Cinsiyete göre doppler parametrelerinin karşılaştırılması.....  | 30 |
| Tablo 8: Cinsiyete göre endekslenmiş verilerin karşılaştırılması.....  | 31 |
| Tablo 9: Hipertansiyon varlığına göre verilerin karşılaştırılması.....   | 32 |
| Tablo 10: Hipertansiyon varlığına göre doppler parametrelerinin karşılaştırılması.....   | 33 |
| Tablo 11: Sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu, diyastol sonu hacim ve sistol sonu hacmin iki boyutlu ve üç boyutlu ekokardiyografi ile karşılaştırılması..... | 34 |

## KISALTMALAR

|                  |   |
|------------------|---|
| A                | : Mitral akım geç diyastolik velösite         |
| A'               | : Mitral anulus geç pik diyastolik velösite   |
| ASD              | : Atriyal septal defekt                       |
| AV               | : Atriyovenriküler düğüm                      |
| Ca <sup>++</sup> | : Kalsiyum                                    |
| DM               | : Şeker hastalığı                             |
| DZ               | : Deselerasyon zamanı                         |
| E                | : Mitral akım erken diyastolik velösite       |
| E'               | : Mitral anulus erken pik diyastolik velösite |
| DSV              | : Diyastol sonu hacim                         |
| SSV              | : Sistol sonu hacim                           |
| EF               | : Ejeksiyon fraksiyonu                        |
| EKG              | : Elektrokardiyografi                         |
| HT               | : Hipertansiyon                               |
| Hz               | : Hertz                                       |
| K <sup>+</sup>   | : Potasyum                                    |
| KAH              | : Koroner arter hastalığı                     |
| LV               | : Sol ventrikül                               |
| LVEF             | : Sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu          |
| MHz              | : Megahertz                                   |
| MR               | : Manyetik rezonans                           |
| PSLAX            | :Parasternal uzun aks                         |
| SA               | : Sinoatriyal düğüm                           |
| TEE              | : Transözofageal ekokardiyografi              |
| TTE              | : Transtorasik ekokardiyografi                |
| VSD              | : Ventriküler septal defekt                   |
| VYA              | :Vücut yüzey alanı                            |
| 2D               | : İki boyutlu                                 |
| 3D               | : Üç boyutlu                                  |



## 1.GİRİŞ VE AMAÇ

Sağlık alanında ileri teknolojik gelişmeler ve etkin tedaviler, bir çok hastalığın daha iyi bir şekilde tedavi edilmesi, salgın yapabilen hastalıkların önlenmesi, hayat standartlarının yükselmesi, yeryüzünde doğal felaketlerin daha iyi önlenbiliyor olması, savaşların azalması gibi sebepler beraberinde yaşlı nüfusun artmasına sebep olmuştur. Yaşlı nüfusun artmasıyla birlikte, yaşlı popülasyonda meydana gelen sağlık sorunlarının anlaşılması ve tedavi edilmesi gereklilik olmuştur. Yaşlanmayla birlikte tüm vücut sisteminde olduğu gibi kardiyovasküler sistemde de birçok değişiklik meydana gelmektedir. Bundan dolayı yaşlı insanlarda meydana gelen yapısal ve fonksiyonel değişikliklerin hangisinin fizyolojik, hangisinin patolojik olduğunun anlaşılması gereği ortaya çıkmıştır. Bu gereklilik oktojenaryen olarak değerlendirilen 80 yaş üzeri kişileri de kapsamaktadır.

İki boyutlu ve üç boyutlu ekokardiyografi, ilerleyen teknolojik gelişmeler sonucunda insan kalbinin yapısı ve fonksiyonu hakkında detaylı bilgi veren noninvaziv görüntüleme yöntemleri olarak yerini almıştır.

Ekokardiyografi ile ölçülen değerler ve elde edilen veriler, daha önce sağlıklı bireylerde yapılan çalışmalar sonucu referans aralığı değerleri olarak belirlenen değerlerle ve verilerle karşılaştırılır, böylece elde edilen yapısal ve fonksiyonel bulguların normal olup olmadığı değerlendirilmiş olur.

Uzun yıllardır sol ventrikül sistolik fonksiyonları iki boyutlu ekokardiyografi ile Mod-Simpson metodu ile hesaplanmaktadır. Üç boyutlu ekokardiyografinin kullanıma girmesi ile geometrik varsayımlara ihtiyaç duymadan, tek bir atımda, sol ventrikül sistol ve diyastol sonu volümleri ve EF çok daha güvenilir olarak hesaplanabilmektedir. Toplumda hızla artan oktojenaryen bireylere yönelik iki boyutlu ekokardiyografi ve üç boyutlu ekokardiyografik ejeksiyon fraksiyonunun karşılaştırılması ile ilgili yeterli veri bulunmamaktadır. Ayrıca oktojenaryen bireylere yönelik ekokardiyografik incelemeler ileri yaşın getirdiği güçlükler nedeniyle de fazla incelenmemiştir. Bu yaşlı popülasyonda iki boyutlu ve üç boyutlu ekokardiyografi ile ölçülen EF'nin karşılaştırılmasını amaçladık.

## **2.GENEL BİLGİLER**

### **2.1. Yaşlılık**

Yaş kronolojik bir kavramdır ve insanın doğduktan sonra ne kadar süre hayatta kaldığı ile ilgilidir[1]. Yaşlılığın; ekonomik, sosyolojik, fizyolojik, biyolojik birçok tanımı olmakla birlikte kısaca yaşlılık; insan hayatının ilerleyen dönemlerine verilen addır[2]. Yaşlılık bir hastalık değil, insan biyolojisindeki gelişmeler sonucu organların verimliliğinde bir azalma süreci ve insanın çevreyle olan uyum sağlama yeteneğinin giderek azalmasıdır[3].

Gelişen tıp teknolojisi, tanı ve tedavi hizmetlerindeki gelişmeler, bulaşıcı hastalıklara karşı aşılama, sosyal koşulların düzelmesi, savaşların azalması, doğal felaketlere karşı etkin önlemler alınması beraberinde yaşlanmayı getirmiştir[1, 4, 5].

Nüfusun yaşlanması, o nüfusta yaş yapısının değişerek, genç ve çocukların payının azalması ve yaşlı insanların payının göreceli olarak artmasıdır.

Günümüzde dünyada yaşlıların nüfus içindeki yüzdesinin en fazla olduğu kıta Avrupa kıtası (%20) ve en az olduğu kıta %5 ile Afrika kıtasıdır. 2050 yılına gelindiğinde Avrupa'da bu oran daha da artarak %37'ye yükselirken, Afrika'da bu oran %10 olarak tahmin edilmektedir. Dünyada yaşlı nüfus oranının en fazla olduğu ülkeler; Japonya, Avusturya, İspanya, Çek Cumhuriyeti, Slovenya, Yunanistan, İsveç ve İtalya'dır[6].

Tablo 1: Bazı ülkelerde ve Türkiye’de yaşlanma hızı (\*)

| Ülkeler   | %7 oranına ulaşılan yıl | %14 oranına ulaşılan yıl | Geçiş süresi (yıl) |
|-----------|-------------------------|--------------------------|--------------------|
| Türkiye   | 2012                    | 2039                     | 27                 |
| ABD       | 1945                    | 2020                     | 75                 |
| Fransa    | 1865                    | 1980                     | 115                |
| Almanya   | 1930                    | 1975                     | 45                 |
| İsveç     | 1890                    | 1975                     | 85                 |
| İngiltere | 1930                    | 1975                     | 45                 |

(\*) 65 yaş ve üstü nüfusun 0-64 yaş arasındaki nüfusa oranının %7’den %14’e geçiş süresi [7]

Dünya genelinde 65 yaş üzerindeki bireylerin toplam nüfusa oranı 1950’lerde %8 iken, 2009 yılında %11’e yükselmesi ve 2050 yılında bu oranın %22 olarak tahmin edilmesi, dahası 80 yaş ve üzerindeki bireylerin oranının her yıl yaklaşık %4 lük bir artış göstermesi, yaşlı popülasyona ayrı bir önem verilmesi gerektiğini göstermektedir[8].

Yaşın ilerlemesi ile birlikte insan hayatında fiziksel ve mental açıdan bazı değişiklikler meydana geldiği için yaşlılık da kendi arasında bölümlere ayrılmaktadır. Evrensel olarak kabul edilen yaşlılık sınırı 65 yaştır. 65-74 arası yaşlar erken yaşlılık, 75-84 arası yaşlar orta yaşlılık, 85 yaş ve üzeri ise ileri yaşlılık olarak adlandırılmaktadır[1, 9].

Oktojenaryen bireyler ise 80-89 yaşlar arasında olan grubu kapsamaktadır. Yani bu terim dokuzuncu dekad için kullanılmakta olup hem orta yaşlı, hem ileri yaşlı bireyler bu grupta yer almaktadır. Yaşlanma aynı zamanda çevresel faktörlerden de etkilenir. Çevresel faktörlerden ayrı olarak yaşın ilerlemesi ile birlikte yaşlanmanın kaçınılmaz sonucu olarak meydana gelen değişimlere içsel yaşlanma, çevresel faktörlerin etkisi ile meydana gelen değişimler ise dışsal yaşlanma olarak adlandırılmaktadır. İçsel yaşlanma ve dışsal yaşlanma birbirleri ile etkileşim içinde olduğundan, yaşlılıkta meydana gelen bazı değişimlerin ne kadarının ilerleyen yaşın doğal sonucu, ne kadarının çevresel faktörlerin etkisinde meydana geldiği konusu

tartışmalıdır. Belli bir düzeye kadar bu değişiklikler yaşam kalitesini ve sağlığı olumsuz etkilemez ve fizyolojik değişiklikler olarak kabul edilmektedir[10, 11].

Yaşlanma ile birlikte organ sistemlerinin yedek kapasitelerinde azalma, dengeleyici kontrol mekanizmalarında azalma (termoregülasyonda bozukluk ve baroreseptör duyarlılığında azalma), çevresel faktörlere karşı uyumda azalma meydana gelmektedir[5].

## **2.2.Yaşlılık ve kardiyovasküler sistem**

Yaşın ilerlemesi ile birlikte kardiyovasküler sistem hastalıkları artış göstermekte, kalpte çok sayıda anatomik ve histolojik değişiklik meydana gelmektedir[12]. Yaşlanma ile birlikte kalpte yapısal değişiklikler ve işlevsel değişiklikler de meydana gelebilir. Yaşlanan kalpte fizyolojik ve patolojik streslere karşı yanıt bozulmakta, miyokardiyal ve vasküler kompliansta azalma, miyokardın diyastolik fonksiyonlarında azalma ve kan basıncı regülasyonunda bozulma olmaktadır. Damar duvarlarında sertliğin artması, sempatik sinir sisteminin daha aktif olması, yaşlılarda kan basıncının daha yüksek olmasına sebep olmaktadır. Yaşlılarda sol ventrikül hipertrofisi, kalp yetmezliği ve atriyal fibrilasyon belirgin olarak artış göstermektedir[13-15].

## **2.3.Yaşlanma ile birlikte kalpte görülen yapısal değişiklikler**

Yaşlanma ile birlikte çıkan aort sağa doğru yer değiştirmekte, septum proksimalinde hipertrofi, sol ventrikül çıkış yolunda daralma gibi değişiklikler meydana gelmektedir[16]. Ayrıca sol ventrikül boyutlarında azalma, endokarda kalınlaşma ve sklerotik değişiklikler, sol atriyum boyutunda artma, kalp kapaklarında fibrotik ve sklerotik değişiklikler, epikardiyal alanda yağ birikimi meydana gelmektedir[17].

Yaşlanma ile birlikte arter sertleşmesi kalbin yapısını ve işlevini etkilemekte, bu sertleşmeden dolayı artan kan basıncı ard yükü artırıp ventrikül duvarında kompensatuar değişikliklere neden olmaktadır. Bu durum miyositlerde paralel sarkomer sayısındaki artışa bağlı olarak konsantrik hipertrofi ile sonuçlanmaktadır. Bu duvar kalınlığı artışı miyosit kaybı ile birlikte. Yaşlanma ile birlikte miyokard hücre sayısında %30-35'lere kadar kayıp olmakta ve bu kayıp sonucu diğer hücreler

organların ihtiyaçlarını karşılamak için kompanseuar olarak hipertrofiye uğramaktadır. Ayrıca yaşlanmayla birlikte sol ventrikülde kollajen birikimi ve fibrozis meydana gelmekte bu da ventrikül esnekliğinde azalma meydana getirmektedir[18-22].

Yaşın ilerlemesi ile birlikte hücre içi kalsiyum ( $Ca^{+2}$ ) düzenlenmesinde değişiklikler olmakta ve sarkoplazmik retikulum  $Ca$ -ATPaz (SERCA) pompasının ve burada düzenleyici görev yapan fosfolambanın ekspresyonu değişmektedir[23]. Bu değişiklikler hücre içi kalsiyum düzenlenmesinde hatalara ve kasılma proteinlerinin uzun süreli aktivasyonuna neden olmaktadır. Artan hücre içi kalsiyum mitokondri içine alınmakta ve mitokondrinin işlev bozukluğuna sebep olmaktadır böylece miyosit ölümüne yol açmaktadır[24].

#### **2.4.Yaşlanma ile birlikte kalpte görülen fonksiyonel değişiklikler**

Kalbin kasılması aksiyon potansiyeli ile başlar. Aksiyon potansiyeli esnasında hücre içine giren kalsiyum, sarkoplazmik retikulumdan kalsiyum serbestleşmesine yol açar böylece hücre içi kalsiyumun artışı sağlar. Hücre içi artmış olan kalsiyum kontraktil proteinleri uyarır ve kasılmayı sağlar. Gevşeme esnasında ise daha önce hücre içine salınmış olan kalsiyum iyonları SERCA aracılığı ile sarkoplazmik retikuluma geri alınır.  $Na$ - $Ca$  exchanger ile ve  $Ca$ -ATPaz pompası ile hücre dışı ortama geri gönderilir. Yaşlanma ile birlikte bu uyarılma kasılma bağlantısında da değişiklikler olmaktadır[14]. L tipi kalsiyum kanalının eylemsizleşmesindeki yavaşlama ve dışı doğru potasyum ( $K^{+}$ ) akımlarındaki azalma nedeniyle aksiyon potansiyeli uzar ve uyarılma sonrasındaki sitozolik geçici  $Ca^{++}$  miktarındaki artma fazla olur[25]. Sonuçta kasılma uzar. Ayrıca yaşla birlikte sarkoplazmik retikulumun  $Ca^{++}$  geri alımı da azalır böylece kalbin gevşeyebilme özelliğinde, bundan dolayı kalbin diyastolik işlevlerinde bozulma meydana gelir.

Yaşlanma ile birlikte ventrikülde kollajen birikimi ve hücre dışı matriksin artışı ventrikül duvarının katılaşmasına ve esnekliğinin azalmasına neden olur[23].

Yaşlılarda diyastolik fonksiyonlar bozulurken, sistolik fonksiyonlar genellikle korunur. Dinlenme esnasında ejeksiyon fraksiyonu ve kalp atım hacmi gençlerdeki ile aynıdır fakat yoğun egzersiz esnasında yaşlılarda ejeksiyon fraksiyonu belirgin bir şekilde azalır, atım hacmi ise egzersiz esnasında hafif azalma gösterir. Zirve egzersiz

esnasında EF (ejeksiyon fraksiyonu) 3.dekatta %85 değerinde iken, 9.dekatta %70'e kadar iner[26, 27].

Yaşlılarda kalp-damar sistemi ile ilgili kompensatuar reflekslerde azalma ve yetersizlik meydana gelmektedir. Kan basıncının baroreseptör aracılı olarak düzenlenmesi, sempatik sinir sistemi aktivitesinin ve periferik vasküler direncin hızlı ayarlanması yaşlanma ile birlikte bozulmakta ve bu durum yaşlı insanlarda postural ve postprandiyal hipotansiyona sebep olmaktadır. Ortostatik hipotansiyon; yatar durumdan ayağa kalkarken sistolik kan basıncında 20 mmHg veya daha fazla azalma veya diyastolik kan basıncında 10 mmHg veya daha fazla azalma ile karakterize durumdur[28, 29]. Muhtemelen yaşlılıkla birlikte kalınlaşan ve sertleşen arter duvarındaki baroreseptörler, kan basıncı ile oluşturulan gerimi hissedememekte veya sempatik uyarılardaki azalma sebebiyle baroreseptörler yeterince yanıt oluşturamamaktadır. Bu durum 75 yaş üstü kişilerde %30-50 civarında postural hipotansiyona sebep olmaktadır[30].

Yaşlanma ile birlikte sinoatriyal (SA) düğümde uyarı oluşturan hücrelerde azalma olmakta, sinoatriyal (SA) düğümde yağ doku, amiloid ve kollajen birikimi artmaktadır. Bu durum sinoatriyal (SA) düğüm hastalıklarına sebep olmakta ve kalp-ileti sisteminde değişiklikler meydana getirmektedir[31]. Benzer şekilde atriyoventriküler (AV) düğüm, his hüzmesi ve purkinje sisteminde de bozulmalar gözlenebilmektedir. Böylece ileti bozuklukları meydana gelmektedir. Yaşlanma ile birlikte atriyoventriküler iletimdeki yavaşlamaya bağlı olarak P-R aralığı uzar ancak normal sınırları geçmez, QRS aksı ise sol ventrikül hipertrofisine bağlı olarak sola kaymaya meyil göstermektedir[32]. Yaşlılıkta vücuttaki yağ oranının kas kitlesine oranla artması da egzersiz kapasitesinin azalmasına neden olmaktadır[33].

## 2.3. Ekokardiyografi

### 2.3.1. Genel bilgiler

Son yıllarda hızla gelişen teknolojik gelişmeler, ekokardiyografik değerlendirmelerde sürekli ilerleme sağlamaktadır. 1954 yılında İsveç'ten Edler ve Hertz ultrason ile kardiyak yapıların görüntülenmesini yapmışlardır. 1960'lı yıllarda Amerika Birleşik Devletlerinden Joyner ve Reid Pensilvanya Üniversitesinde kalp değerlendirmesi için ultrason yöntemini ilk defa klinikte uygulamaya başlamışlardır. Kısa bir süre sonra 1965 yılında Feigenbaum ve arkadaşları İndiana Üniversitesinde ilk kez ultrason ile saptanan perikardiyal efüzyon olgusunu bildirmişlerdir. 1970'li yılların ortasında iki boyutlu (2D) alan görüntülenmesi yapılarak, kardiyak yapıların gerçek zamanlı morfolojik ve fonksiyonel görüntüleri elde edilmiştir. İlk 2D eko değerlendirmesi 1977 tarihinde Mayo Klinikte yapılmıştır. 1970'li yılların sonunda doppler ekokardiyografi klinik anlamda kullanılmaya başlanmıştır. Doppler ekokardiyografi yöntemi ile kan akım hızları güvenli bir şekilde ölçülerek, sabit bir alandaki basınç gradiyentleri hesaplanabilmektedir. Holen ve arkadaşları ile Hatle ve arkadaşları, doppler ekokardiyografik görüntülenmeyi klinik hayata sokmuşlardır. Daha sonra yapılan birçok çalışma ile kardiyak basınçların hesaplanmasında doppler ekokardiyografinin güvenilir olduğu gösterilmiştir. Bununla birlikte, doppler tekniği ile ekokardiyografi sadece görüntüleme değil aynı zamanda hemodinamik değerlendirilmenin yapılabildiği bir yöntem olmuştur. Renkli akım görüntülenmesi ise 1980'li yılların başında gelişmeye başladı. Böylece kan akımı noninvaziv şekilde değerlendirilmeye başlanmıştır[34-41].

Ekokardiyografi, kalbin anatomik yapılarını ve fonksiyonlarını incelemek için kullanılan bir ultrasonografi yöntemidir. Ultrason normal işitme sınırının (>1,5 MHz) ötesinde, çok yüksek frekansta ses dalgalarını kullanmaktadır (>20 MHz)[42-44].

Ses; bir ortamda moleküllerin ardı ardına sıkışması ve gevşemesiyle meydana gelen bir enerji biçimidir. Ses iki kavram ile tanımlanır. Bunlar dalga boyu ve frekanstır. Sesin hızı dalga boyu ve frekansın çarpımına eşittir ve bu iki parametre arasında ters orantı söz konusudur. Frekans ne kadar büyükse dalga boyu o kadar küçüktür. Ekokardiyografi probu ultrason sinyalinin iletilmesi ve geri alınmasından sorumludur. Proben içinde elektrotlar ve piezoelektrik kristal bulunur. Piezoelektrik kristal elektrik

enerjisi aldığında şekil değişikliğine uğrar ve bu piezoelektrik kristaller elektrotlardan gelen elektrik akımı karşısında sıkışıp gevşeyerek ses dalgalarını oluşturur. Aynı piezoelektrik kristaller mekanik enerji ile karşılaştığında şekil değiştirerek, elektrotlar tarafından algılanan bir elektrik sinyali oluşturur. Yani prob ultrason sinyallerinin hem üreticisi hem de alıcısıdır[42, 45].

### **2.3.2.M-mode ekokardiyografi**

M-mode inceleme büyük ölçüde yerini iki boyutlu ekokardiyografiye bıraksa da, ekokardiyografinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. M-mode ekokardiyografide, 2D ekokardiyografik görüntüde incelenmek istenen görüntünün üzerine kursör getirilir, böylece çapların ölçümü ve özellikle istenen kardiyak yapıların hareket anormallikleri incelenmektedir. Bu yöntemin avantajı; çok yüksek frame hızına sahip olması ve böylece hareketli yapıların spasyal çözünürlüğünün çok iyi olması ve kalp boyutlarının çok doğru şekilde ölçülebiliyor olmasındandır. M-mode ekokardiyografinin dezavantajı ise; güvenilir ölçümlerin çok iyi teknik bilgi istemesi ve görüntülerin yorumlanma zorluğudur[46-49].

M-mode ekokardiyografi ile sistolik fonksiyonları değerlendirmek için; ölçülen sol ventrikül kavite boyutlarının küpü alınarak ventriküler hacimler ve EF hesaplanabilir. Bu ölçümlerin sol ventrikül geometrisine ilişkin varsayımlara dayandığı unutulmamalıdır. M-mode ile fraksiyonel kısalma da hesaplanabilir ancak sadece tek plandaki sol ventrikül fonksiyonunu gösterir. Asenkron kasılmanın olduğu; yani segmenter duvar hareket kusurunun olduğu durumlarda M-mode ekokardiyografi ile EF hesaplamak yanıltıcıdır[50-52]. M-mod da mitral kapakçıkların hemen altından alınan kesitte sol ventrikül sistolik ve diyastolik duvar kalınlıkları ve çapları ölçülmekte, bu ölçümlerden sistol ve diyastol sonu hacimleri ve EF hesaplanmaktadır[53].

### **2.3.3.İki boyutlu ekokardiyografi**

Standart bir ekokardiyografik inceleme 2D ekokardiyografi ile başlar. İki boyutlu ekokardiyografide dört tane standart kullanılan pencere bulunmaktadır. Bunlar; parasternal uzun aks (PSLAX) ve parasternal kısa aks (PSSAX) pencere, apikal dört



boşluk pencere, suprasternal pencere, subkostal pencere'dir. İki boyutlu ekokardiyografi ile kalbin yapıları iyi bir şekilde incelendiği için detaylı bir şekilde anatomik ve fonksiyonel bilgiler elde edilmektedir[38, 54-56].

#### **2.3.4.Doppler ekokardiyografi**

Doppler Prensibi; Avusturyalı fizikçi J.Christian Doppler tarafından ilk kez 1842 de tanımlanmış olan doppler etkisi kuramına dayanmaktadır. Bu prensipte eritrositler hedef alınır ve yansıtılan ses dalgalarının frekansındaki değişimler ölçülür böylece kan akımının hızı ve yönü bulunmuş olur. Burada gönderilen ses dalgası proba yaklaşan eritrositlerden yansıtılırsa frekansta artma olur. Eğer ses dalgası probdan uzaklaşan eritrositlerden yansıtılırsa frekansta azalma olur. Kan akım hızı iki farklı tip doppler ile ölçülür. Bunlar; sürekli dalga doppleri ve nabız dalga doppleridir[57-61].

##### **2.3.4.1. Sürekli dalga Doppler (CW Doppler)**

CW Doppler sürekli ses dalgası gönderir ve yol üzerindeki bütün velositeleri kaydeder. Burada iki adet piezoelektrik kristal görev alır. Biri ses dalgasını gönderir, diğeri ise ses dalgasını geri alır. Sürekli dalga dopplerinde görüntü kayması (aliasing) ve Nyquist limit yoktur. CW Doppler yol üzerindeki tüm akımın hızını ve yönünü doğru bir şekilde ölçer fakat noktasal yer tespiti yapamaz (menzil belirsizliği-range ambiguity), yani gradiyenti oluşturan yeri tek tek ayırt edemez[35, 58, 62].

##### **2.3.4.2. Nabız dalga Doppler (PW Doppler)**

PW Dopplerde tek bir piezoelektrik kristal bulunur. Ses dalgasını gönderen ve yansıyan ses dalgalarını geri alan piezoelektrik kristal aynıdır. Nabız dalga Doppler ile belirli spesifik bir bölgede bulunan kan akım hızı ölçülür. PW Doppler ile en yüksek hız sınırı olan Nyquist limitini aşan yüksek velositeli akımlar doğru sonuçlar vermez daha düşük velositeli bölgelerden ölçüm yapılabilir[35, 62, 63].

### **2.3.5. Doku doppler görüntüleme**

Doku doppler görüntüleme, miyokard doku hareketinin ekokardiyografik olarak görüntülenmesidir. Doku doppler görüntüleme ile ventriküllerin diyastolik ve sistolik fonksiyonları değerlendirilebilir. Doppler prensibine göre; hareketli kan, miyokard vb. dokulara gönderilen ses dalgaları hedef yüzeyde frekans değişimine uğrar ve geri yansıtılır. Hedefe gönderilen ve hedeften yansıyan ses dalgalarının frekansları arasındaki fark doppler kayması olarak isimlendirilir (Doppler shift) ve hedef dokuların hızı ile doğru orantılıdır. Miyokard dokusu kendisine gelen dalgaları daha fazla yansıtacağından doppler kayması düşüktür. Kan dokusunun hareket hızı miyokard dokusunun hareket hızından yaklaşık 10 kat daha fazla olmasından dolayı, miyokard hareketi düşük frekanslı, yüksek amplitüdü; kanın hareketi ise yüksek frekanslı, düşük amplitüdü sinyaller oluşturur[64-66].

Doku doppler kaydedicisi, miyokardın herhangi bir yerine veya mitral kapağın septal ve/veya lateral anulusuna yerleştirilerek buradaki doku hızı ölçülür. Doku hızları, nabız dalga doppleri (PW doppler) ile kaydedilen mitral diyastolik akımlara benzerlik gösterir. Proba doğru olan sistolik dalga (S) ve probdan uzaklaşan iki diyastolik (E' ve A') dalgadan oluşur. E' dalgası miyokardın erken relaksasyonunu gösterirken, A' dalgası miyokardın geç atriyal diyastolik hareketini gösterir. Diyastolik fonksiyonlar bozulursa E' dalgasının amplitüdü azalmaya başlar. Doku dopplerdeki E' ve A' dalgaları hacim bağımlı olmadığından diyastolik fonksiyonlar için daha doğru bilgi verir[53].

Yaşlanma ile birlikte diyastolik disfonksiyon meydana gelmekte ve nabız dalga doku doppleri (PW Doppler) ile elde edilen sol ventrikül miyokard dokusunun hareket hızları, transmitral akım hızlarında olduğu gibi yaşla ilişkili değişiklikler gösterir.

### **2.3.6. Sol ventrikül sistolik fonksiyonlarının iki boyutlu ekokardiyografi ile değerlendirilmesi**

Sol ventrikül, tüm standart ekokardiyografik yöntemlerde değerlendirilmesi gereken en önemli yapılardan biridir. Sol ventrikül; kalın duvarlı bir boşluk olup, tabanında mitral kapak bulunmaktadır. Sol ventrikülde sağ ventriküle göre az miktarda trabekülasyon olduğu için daha düz duvarlı bir yapı gösterir. İnterventriküler septum ile

sağ ventrikülden ayrılır. Sol ventrikül parasternal uzun aks, parasternal kısa aks, apikal dört boşluk, apikal üç boşluk ve apikal iki boşluk pencerelerinden iyi bir şekilde görülür. İki boyutlu ekokardiyografi tüm yeni tekniklere rağmen sol ventrikül sistolik fonksiyonlarının ve kalp boşluklarının değerlendirilmesi için hala ilk seçenektir. Sol ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesi için günümüzde en sık kullanılan yöntem ekokardiyografidir.

Normal miyokard dokusu ekokardiyografide kalp kapaklarından ve perikarddan daha az yoğun görülür. Sol ventrikül duvar kalınlığı uniform olmalıdır fakat yaşlı hastalarda septumun proksimalinde izole hipertrofi saptanabilir. Bu normal bir varyasyondur ve patolojik değildir[35].

Günlük pratik yaklaşımda sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonunun değerlendirilmesi göz kararı ile; normal fonksiyon, hafif, orta ya da ciddi disfonksiyon olarak kategorilere ayrılabilir.

Kalp kasılırken miyokardın kalınlaşması ile birlikte %30'dan fazla içe doğru yer değiştirmesi normal olarak kabul edilmektedir. Miyokarda %30'dan daha az kalınlaşma ve azalmış hareket olması hipokinezi olarak adlandırılmaktadır. Hareketin ve miyokarda kalınlaşmanın olmaması akinezi olarak adlandırılmaktadır. Miyokarda sistol sırasında paradoksik ileri hareket mevcutsa diskinezi olarak adlandırılmaktadır. İncelmiş miyokardiyum dokusu ve sol ventrikül dışı doğru kavite oluşturmuşsa anevrizmatik bölge olarak adlandırılmaktadır.

Ejeksiyon fraksiyonu kardiyak fonksiyonlar içinde en sık ölçülen parametredir. Her siklusta sol ventrikülden atılan kanın diyastol sonu volüme oranıdır.

$$\text{Ejeksiyon fraksiyonu (\%)} = (\text{atım hacmi/diyastol sonu volüm}) \times 100$$

$$\text{Atım hacmi} = \text{enddiastolik hacim} - \text{endsistolik hacim}$$

Tablo 2: Sol ventrikül sistolik ejeksiyon fraksiyonu sınıflandırması

| Ejeksiyon fraksiyonu (%) | Sol ventrikül sistolik fonksiyonu                        |
|--------------------------|--|
| 55-85                    | Normal sol ventrikül sistolik fonksiyon                  |
| 45-54                    | Hafif bozulmuş sol ventrikül sistolik fonksiyon          |
| 30-44                    | Orta derecede bozulmuş sol ventrikül sistolik fonksiyon  |
| <30                      | İleri derecede bozulmuş sol ventrikül sistolik fonksiyon |

Sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu (LVEF) günümüzde ventriküler hacimleri hesaplamak için en sık kullanılan modifiye Simpson metodu ile hesaplanır. Bu yöntemde apikal dört boşluk veya apikal iki boşluk görüntülerinden sistol ve diyastol sonunda endokard sınırları çizilir, kavite küçük silindirlere bölünerek sol ventrikül volümü hesaplanır. Sol ventrikül hacmi silindir hacimlerinin toplamıdır[35, 53, 63, 67-71].

Sol ventrikül sistolik fonksiyonları ilk önce M-Mode ekokardiyografi ile ölçülmüştür. Bu ölçümler için parasternal uzun aks (PSLAX) penceresi kullanılmış olup sol ventrikül sistol ve diyastol sonu çapları kullanılarak hesaplanmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken M-mode çizgisinin sol ventrikül uzun eksenine dik olacak şekilde yerleştirilmesini sağlamaktır. Ölçümler mitral kapakçıkların hemen altından yapılmalıdır. M-mode yönteminin en önemli kısıtlayıcı tarafı ölçümlerin tek hat üzerindeki ventrikül genişliği ve fonksiyonu hakkında bilgi vermesidir[72, 73].

### **2.3.7. Sol ventrikül bölgesel duvar hareket analizi**

Amerikan Ekokardiyografi Cemiyeti tarafından ilk önce 16 segment modeli önerilmiştir. Bu modelde sol ventrikül üç ayrı seviyeye bölünmüştür. Bunlar; bazal, mid ve apikal seviyeleridir. Bazal ve mid seviyeler 6 segmente ayrılmıştır. Bu segmentler; anteriyorseptum, anteriyor, lateral, inferolateral, inferiyor, inferiyorseptum segmentleridir. Apeks ise 4 segmente bölünmüş olup bunlar; anteriyor, lateral, inferiyor, septal duvarlardır. Daha sonra Amerikan Kalp Cemiyeti (AHA), 17 segmentli modeli

önermiştir. 17 segmentli modelde ilave olarak; gerçek apeks segmenti bulunmaktadır. Segmentli modelde bazal seviye %43, mid seviye %36 ve apeks %21 olarak pay almaktadır[55, 74].

### **2.3.8.Sol ventrikül diyastolik fonksiyonlarının ekokardiyografi ile değerlendirilmesi**

Diyastol, sol ventrikülün atriyumdan gelen kanla dolmasıdır. Yaşlanma ile birlikte diyastolik disfonksiyon artmaktadır. Diyastolik kalp yetmezliği; sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonunun normal olması ve konjestif kalp yetmezliğinde görülen semptom ve bulguların var olmasıdır.

Diyastolik fonksiyon bozukluğu yapan başlıca sebepler; hipertansiyon (HT), diyabetes mellitus (DM), kardiyomyopatiler, koroner arter hastalığı (KAH) ve obezitedir. Kalp yetersizliği bulunan hastaların yaklaşık %50 sinde sol ventrikül sistolik fonksiyonları korunmuş olmasına rağmen gelişen klinik tablo diyastolik disfonksiyon ile izah edilmektedir. Diyastolik doluş dört fazdan oluşur. Bunlar; izovolemik gevşeme evresi, erken hızlı doluş evresi, diastazis evresi ve geç doluş evresidir.

İzovolemik gevşeme evresi: Ventriküldeki kan aorta pompalandıktan sonra aort kapağı kapanır. Bu evre aort kapağının kapanmasından mitral kapağın açılmasına kadar olan süredir.

Erken hızlı doluş evresi: Sol atriyum basıncı, sol ventrikül basıncından fazla olduğu zaman bu evre başlar ve mitral kapak açılır. Böylece sol atriyumdaki kan pasif olarak sol ventriküle akmış olur. Ventriküler doluşun çoğundan bu evre sorumludur.

Diastazis evresi: Sol atriyum ve sol ventrikül arasındaki basınç farkının çok az olduğu bir evredir. Basınç farkı düşük olduğu için pasif olarak düşük hızlı doluş meydana gelir.

Geç doluş evresi: Bu faz sol atriyumun kasılması ile birlikte başlar. Ventrikül doluşunun yaklaşık %20 ila %30'unu bu evre sağlar.

Diyastolik fonksiyonlar bozuldukça sol ventrikül diyastol sonu basıncı artar bu da sol atriyum basıncının artmasına sebep olur, sol atriyum ile sol ventrikül arasındaki kan

akım paterni değişir. Transmitral akım paterninde dört tip diyastolik fonksiyon paterni tanımlanmıştır. Bunlar; normal patern, bozulmuş relaksasyon paterni, psödonormal patern ve restriktif paterndir.

Normal patern:  $E > A$  dalga velositesi şeklinedir. (E dalgası erken ventriküler doluş, A dalgası atriyal katkı ile meydana gelen doluşu ifade eder)

Bozulmuş relaksasyon paterni: Sol ventrikül relaksasyonu bozulursa sol atriyumdan sol ventriküle kan akışında güçlükler meydana gelir. Erken pasif doluş azalır ve uzar, bu da E dalgasının azalması demektir. Bu paternde sol ventrikül doluşu daha çok atriyal kasılmaya bağlı olur. Bundan dolayı A dalgası artış gösterir. ( $E < A$ )

Psdonormal patern: Diyastolik disfonksiyon daha şiddetlidir fakat sol atriyum basıncı kompensasyona sekonder artar ve erken pasif dolumu arttırarak E dalgasını yeniden dominant hale getirir. ( $E > A$  dalgası olur)

Restriktif patern: Bu paternde E dalgası A dalgasından çok yüksektir. ( $E/A > 2$ )

Atriyal fibrilasyonda, A dalgası olmadığından bu diyastolik disfonksiyon sınıflamasını kullanmak doğru değildir. Diyastolik doluş kalp hızı 100'n üzerinde olduğu zaman (taşikardilerde) yorumlanması güçtür[35, 63].

Tablo 3: Diyastolik disfonksiyonun ekokardiyografik evreleri

|            | Normal patern | Bozulmuş relaksasyon patern | Psdonormal patern | Restriktif patern |
|------------|---------------|-----------------------------|--------------------|-------------------|
| E/A        | >1            | <1                          | >1                 | >2                |
| E' (cm/sn) | >8            | <8                          | <8                 | <8                |
| E'/A'      | >1            | <1                          | <1                 | <1                |

## 2.4.Üç boyutlu ekokardiyografi

### 2.4.1. Genel bilgiler

Son yıllarda kullanıma giren matrix dizilimli transduserler ile eş zamanlı üç boyutlu ekokardiyografik görüntüler elde edilmektedir. Bu transduserler yaklaşık 3000 kadar matrix şeklinde dizilim gösteren piezoelektrik kristallerinden oluşmaktadır. Bu dizilim sayesinde aynı anda binlerce ultrason dalgasını gönderip tekrar toplayabilme kapasitesine sahiptir. Üç boyutlu ekokardiyografik transduserlerin frekansları genellikle transtorasik ekokardiyografi (TTE) için 2-4 MHz, transözofageal ekokardiyografi (TEE) için 5-7 MHz arasındadır. Bundan dolayı üç boyutlu (3D) ekokardiyografinin transduserleri iki boyutlu (2D) ekokardiyografi transduserlerinden bir miktar büyük olmaktadır.

Üç boyutlu ekokardiyografi ile kalp kapak hastalıkları daha ayrıntılı incelenmekte, sol ventrikül hacimleri ve ejeksiyon fraksiyonu (EF) daha doğru hesaplanabilmekte ve kompleks konjenital hastalıklar daha kolay görüntülenmektedir.

Günümüzde üç boyutlu ekokardiyografi, iki boyutlu ekokardiyografi yapıldıktan sonra uygulanmaktadır. Matrix transduserler, iki boyutlu ekokardiyografik değerlendirmenin yanında iki boyutlu görüntüleri hızlı bir şekilde üç boyutlu imajlara çevirebilme özelliğine sahiptir ve iki boyutlu görüntüleri üç boyutlu olarak izleme imkânı vermektedir[53, 68, 75-78].

Kardiyak hastalıklara bağlı prognozun öngörülmesinde ve hastaların tedavilerinin planlanmasında sol ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır[79]. Sol ventrikül fonksiyonlarının iki boyutlu ekokardiyografi ile değerlendirilmesi noninvaziv, radyasyon veya kontrast madde içermeyen, kısa sürede yapılabilen bir yöntem olması nedeniyle sıkça tercih edilmektedir[80]. İki boyutlu ekokardiyografik uygulama kolay fakat elde edilen bilgilerin doğruluğu ve tekrarlanabilirliği birtakım zorluklar içermektedir. İki boyutlu ekokardiyografi ile sol ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesi genellikle simpson metodu ile yapılmakta ve birtakım geometrik varsayımlara dayanmaktadır. Bu geometrik varsayımlar anevrizma ve bölgesel duvar hareket bozuklukları gibi ventriküler asimetriye sebep olan durumların varlığında hatalı sonuçlara yol açmaktadır[81].

Üç boyutlu ekokardiyografi yönteminde ise geometrik varsayımlar ortadan kaldırılarak daha doğru ve tekrarlanabilir ölçümler elde edilmektedir. Böylece sol ventrikül sistolik fonksiyonu, sol ventrikül kitlesi ve bölgesel duvar hareketleri daha doğru değerlendirilmektedir[82].

#### **2.4.2.Üç boyutlu ekokardiyografi ile görüntü elde edilmesi**

Hareketli bir organ olan kalpten iki farklı şekilde üç boyutlu görüntü elde edilebilir. Birincisi çoklu atım üç boyutlu ekokardiyografik görüntüleme, diğeri ise tekli atım üç boyutlu ekokardiyografik görüntülemedir. Çoklu atım üç boyutlu ekokardiyografi yöntemi, daha eski ve daha sık kullanılan yöntem olup, 2-7 kalp siklusunda elektrokardiyografi (ekg) ile tetiklenmiş olarak alınan subvolüm görüntülerin birleştirilmesi-yapıştırılması sonucu tek bir volümetrik dataset elde edilmesi şeklindedir. Burada görüntüler özel yazılımlar ile birleştirilir ve kalbin tümünün görüntülenmesi sağlanmış olur. İşlem esnasında hastanın nefesini tutması, probun veya hastanın hareket etmemesi, ekg'nin düzenli olması gibi faktörler görüntünün kalitesini etkileyebilmektedir. Bu şekilde elde edilen görüntülerin temporal ve uzaysal çözünürlükleri yüksek iken, örneğin aritmik hastalarda, nefesini tutamayan hastalarda veya hastanın hareket etmesi gibi durumlarda yapışma artefaktları meydana gelebilmektedir. Tekli atım görüntülemeye ise tek bir siklusta birleştirme işlemi yapılmadan tekli, volümetrik datasetler alınmaktadır. Bu yöntem nefes tutamayan, aritmisi olan hastalarda ve stres ekokardiyografi işleminde avantaj sağlamaktadır. Tekli atım görüntülemenin en önemli dezavantajı ise görüntü kalitesini belirleyen faktörlerden biri olan frame rate (ekran hızı)'in düşük olmasıdır. Sonuç olarak çoklu atım üç boyutlu ekokardiyografi ile elde edilen görüntülerde temporal ve uzaysal çözünürlük yüksek iken, tekli atım üç boyutlu ekokardiyografi ile alınan görüntülerde çözünürlük düşüktür[83, 84].

#### **2.4.3.Üç boyutlu ekokardiyografide görüntü modları**

Canlı mod (Live mode): Bu mod tek atımda elde edilen datalardan oluşur. Ekg gerektirmez. 600x300xiki boyutlu görüntü derinliği boyutunda, 20-30 Hz frame rate'den oluşan piramidal datalar elde edilir. Canlı mod daha çok invaziv (girişimsel)



işlemlerde kullanılır. Bu modda herhangi bir kardiyak yapı iki boyutlu olarak da inceleyebilir[85].

Zoom mod (Zoom mode): Zoom modda 200x200x900 boyutunda, 5-7 Hz frame rate'de görüntü elde edilir. Kalp kapakları, interatriyal septum, sol atriyal appendiks gibi anatomik yapılar yakından değerlendirilir. Girişimsel işlemlerde de bu mod kullanılmaktadır[86].

Full hacim mod (Full volume mode): Bu modda, ekg ile tetiklenen çoklu-atım yöntemi ile görüntü elde edilmektedir. Bazı cihazlarda tekli atım yöntemi ile de görüntü elde edilmektedir. Full hacim modda büyük görüntü hacimleri elde edilir. Görüntüler genellikle 900x900xiki boyutlu görüntü derinliği boyutunda, 20-40 Hz frame rate'de elde edilir. Görüntüler elde edildikten sonra görüntüler üzerinden hacim, ejeksiyon fraksiyonu (EF) hesaplamaları, kapaklara ait kantitatif analizler yapılabilir[86].

Renkli doppler modu (Color doppler mode): Bu mod sadece full hacim modunun içinde yer alır. Frame rate çoğunlukla 20 Hz 'den daha düşüktür. Temporal ve uzaysal çözünürlüğü düşüktür. Valvüler veya paravalvüler yetmezliklerde, atriyal septal defekt (ASD) ve ventriküler septal defekt (VSD) değerlendirilmesinde kullanılır[86].

#### **2.4.4.Üç boyutlu ekokardiyografide güçlükler**

##### **2.4.4.1.Temporal ve uzaysal çözünürlük**

Temporal çözünürlük; görüntünün hızını ifade etmektedir ve frame rate ile bağlantılıdır. Uzaysal çözünürlük ise birim alanda birbirinden ayırt edilebilir yapı sayısını yani görüntünün kalitesini göstermektedir. Elde edilmek istenen hacmin büyüklüğü değişmediği takdirde, uzaysal ve temporal çözünürlük birbirleri ile ters orantılıdır. Temporal çözünürlük arttıkça, uzaysal çözünürlük azalmaktadır[75].

##### **2.4.4.2.Nefes tutma ve EKG**

Nefesini tutamayan ve ritm bozukluğu (aritmi) bulunan hastalar için çoklu atım üç boyutlu ekokardiyografi görüntüsü almak oldukça zordur ve yapışma artefaktlarına

sebeup olabilir. Bu tarz hastalarda tekli atım üç boyutlu ekokardiyografik inceleme daha faydalı olabilir[87].

#### **2.4.5.Üç boyutlu ekokardiyografide görüntü optimizasyonu**

Üç boyutlu görüntü elde edilmeden önce, iki boyutlu ekokardiyografi görüntüsü optimize edilmelidir. İki boyutlu ekokardiyografik görüntüsü suboptimal olan bir hastanın üç boyutlu ekokardiyografik görüntüsü de suboptimal olacaktır. 2D ekrana yansıtılan görüntünün 3D olarak algılanabilmesi için gereken derinlik hissi renklendirme yapılarak oluşturulmaktadır. Renklendirme mavi ve kahverengi arasında değişen renk aralıklarını içermektedir. Gain (kazanç) ayarları üç boyutlu görüntünün optimizasyonunda çok önemlidir. Kazancın az olması görüntüde ‘drop-out’ olarak ifade edilen, delikmiş gibi görünen defektlerin oluşmasına neden olurken, gain’in fazla olması doku üzerinde kahverengi noktacıklara, üç boyutlu perspektifin veya derinlik hissinin kaybolmasına neden olmaktadır. Bundan dolayı gain ve kompresyon ayarlarının orta seviyede tutulması önerilmektedir[75, 87].

#### **2.4.6.Cropping (Kırpma işlemi)**

İlgilendiğimiz kardiyak yapıyı daha iyi inceleyebilmek için etraftaki diğer dokuları elektronik ortamda görüntüden çıkartma işlemidir. Üç boyutlu ekokardiyografide görüntü elde edilmeden önce kırpma işleminin yapılması, meydana gelecek görüntünün hem temporal, hem de uzaysal çözünürlüğünü artırır[86].

#### **2.4.7.Üç boyutlu ekokardiyografinin klinikte kullanım alanları**

Üç boyutlu transtorasik ekokardiyografi (3D TTE) ile ölçülen sol ventrikül hacim ve ejeksiyon fraksiyonu, iki boyutlu ekokardiyografide ölçülen sol ventrikül hacim ve ejeksiyon fraksiyonuna göre daha üstündür. Ölçümler daha doğru ve tekrarlanabilir özelliktedir. Bunun sebebi üç boyutlu ekokardiyografi ile sol ventrikül endokard sınırlarının daha doğru saptanması, iki boyutlu ekokardiyografideki gibi geometrik varsayımların olmaması, apikal görüntü kısalmasının (foreshortening) daha az olması ve

tüm segmentlerin aynı anda değerlendirilmesi olarak sayılabilir. Üç boyutlu ekokardiyografi ile hesaplanan sol ventrikül hacim ve ejeksiyon değerleri altın standart teknik olarak kabul edilen kardiyak manyetik rezonans ile ölçülenlerle kıyaslandığında bir miktar daha düşük bulunmaktadır[88, 89]. Yetersiz çözünürlük sebebiyle endokard sınırının net olarak belirlenememesi ve kardiyak MR ile trabekülasyonların dış kenarından endokard sınırları çizilirken, ekokardiyografide trabekülasyonların iç sınırından çizilmesi sebep olarak gösterilmektedir. Üç boyutlu ekokardiyografide operatör deneyiminin arttırılmasıyla ve endokard sınırlarının sol ventrikül içindeki trabekülasyonları da içerecek şekilde dıştan çizilmesi bu sorunun çözülmesi için önerilmektedir. Ayrıca üç boyutlu ekokardiyografi ile sol ventrikül kitlesi ve şekli, bölgesel duvar hareketleri, sol ventrikülden dissenkroni, üç boyutlu strain (speckle tracking) incelemeleri yapmak mümkündür[90, 91].

Üç boyutlu ekokardiyografi ile mitral kapak patolojileri, mitral kapakçıklar, anulus anatomisi ayrıntılı incelenir ve ayrıca fizyolojik ve morfolojik bilgiler iki boyutlu ekokardiyografiden daha üstündür[92]. Üç boyutlu ekokardiyografinin en sık kullanıldığı ve kullanımının önerildiği yerler; sol ventrikül hacim ve ejeksiyon fraksiyonu değerlendirilmesi, mitral kapak anatomisi ve protez mitral ile transkateter işlemleridir[75].

#### **2.4.8.Üç boyutlu ekokardiyografinin kısıtlılıkları**

İyi bir üç boyutlu görüntü elde etmek için öncesinde hastanın optimal iki boyutlu ekokardiyografik görüntüsünün alınması gerekir. Ritm bozukluğu, görüntü kalitesini etkileyen başka bir sebeptir. Frame rate sorunu daha az olan tekli-atım üç boyutlu ekokardiyografi tekniğinin gelişmesi bu sorunu ortadan kaldıracaktır. Sonuçta üç boyutlu ekokardiyografi gelişmekte olan tekniği ve kullanımının öğrenilmesi, manipülasyonu, kalitatif yorumlanması, kantitatif full-volum değerlendirmesi ile birlikte fazla zaman alan bir tekniktir[93].

#### **2.4.9.Üç boyutlu ekokardiyografi ile sol ventrikül hacimleri ve sol ventrikül sistolik fonksiyonlarının değerlendirilmesi**

Sol ventrikül hacimleri, üç boyutlu olarak birkaç farklı yöntemle hesaplanabilmektedir. En sık kullanılan iki yöntem biplan ve direkt volümetrik ölçümlerdir. Biplan yönteminde; iki boyutlu apikal dört boşluk ve iki boyutlu apikal iki boşluk görüntülerde endokard sınırları manuel olarak çizilir ve sol ventrikül hacimleri ve ejeksiyon fraksiyonu hesaplanır. Biplan metodu iki boyutlu ekokardiyografik görüntüleme meydana gelen apikal görüntü kısalması problemini ortadan kaldırsada, geometrik varsayımlar içermesi sebebiyle simetrik olmayan ventriküle sahip hastalarda yanlış ölçümlere sebep olabilmektedir. Direkt volümetrik ölçümlerde ise cihazdaki yazılım, kullanıcı tarafından belirlenmiş olan referans noktalarını kullanarak endokard sınırları otomatik olarak tespit edilmekte ve daha sonra bu endokard sınırlarının rekonstrüksiyonu ile ventrikülün üç boyutlu kalıbı oluşturulmaktadır. Direkt volümetrik ölçüm yöntemi apikal görüntü kısalması ve geometrik varsayımları ortadan kaldırdığı için biplan yöntemine göre daha doğru sonuç vermektedir[84, 94].

Sol ventrikül hacimlerinin ve sistolik fonksiyonlarının üç boyutlu ekokardiyografi ile ölçülmesi, radyonüklid ventrikülografi ve kardiyak manyetik rezonans gibi referans tekniklerle çalışmalarda karşılaştırılmış ve önemi ortaya konmuştur. Ayrıca çalışmalar üç boyutlu ekokardiyografi'nin sol ventrikül hacim ve sistolik fonksiyonlarının ölçümünde daha güvenilir ve tekrarlanabilir bir tetkik olduğunu göstermiştir[95, 96].

Üç boyutlu ekokardiyografinin, iki boyutlu ekokardiyografiye göre sol ventrikül hacimlerini ve sistolik fonksiyonlarını saptamadaki güvenilirliği, anevrizma, bölgesel duvar hareket bozukluğu ve kompleks konjenital kalp hastalıkları gibi değerlendirmeyi güçleştiren sebeplerin varlığında da ispatlanmıştır[97-99].

Üç boyutlu ekokardiyografi ile ölçülen sol ventrikül hacim ve ejeksiyon fraksiyonu; iki boyutlu ekokardiyografik ölçümler ile karşılaştırıldığında, kardiyak MR ile yapılan ölçümlerle anlamlı bir şekilde daha fazla korelasyon gösterdiği bulunmuştur[100].

Üç boyutlu ekokardiyografi ile yapılan sol ventrikül sistol sonu ve diyastol sonu hacim ölçümlerinin kardiyak MR ile yapılan ölçümlere göre daha düşük olmasının sebebi, yetersiz çözünürlük sebebiyle endokard sınırlarının net olarak saptanamaması gösterilmiştir[88, 89].

#### **2.4.10. Üç boyutlu ekokardiyografi ile sol ventrikül kitlesinin değerlendirilmesi**

İki boyutlu ekokardiyografi ile sol ventrikül kitlesinin değerlendirilmesi, sol ventrikül hacimlerinin hesaplanmasında olduğu gibi bazı geometrik varsayımlara dayanmaktadır. Üç boyutlu ekokardiyografide direkt volümetrik analizlerin kullanılması, geometrik varsayımları ortadan kaldırdığı için sol ventrikül kitlesi iki boyutlu ekokardiyografiye göre daha doğru değerlendirilir[101].

Sol ventrikül kitle ölçümlerinin üç boyutlu ekokardiyografi ile yapılması, kardiyak MR ile yapılan ölçümlerle korelasyon gösterir ve ölçümler tekrarlanabilir. Bundan dolayı hipertansif ve ventrikül hipertrofisi olan hastaların takibinde önem taşır[102].

#### **2.4.11.Üç boyutlu ekokardiyografi ile sol ventrikül şeklinin değerlendirilmesi**

Sol ventrikül normalde elipsoid bir yapı olarak tanımlanır fakat konjestif kalp yetmezliği ve bölgesel duvar hareket bozukluğu bulunan hastalarda remodeling (yeniden şekillenme) ile sol ventrikül sferik bir yapı haline gelir. Sol ventrikül şeklinin ölçütü olarak sferisite indeksi kullanılır. Sferisite indeksi üç boyutlu ekokardiyografi ile daha doğru hesaplanabilmektedir. Böylece üç boyutlu ekokardiyografi ile sol ventrikül yeniden şekillenmesi erken evrede tanınabilir[103].

#### **2.4.12.Üç boyutlu ekokardiyografi ile sol ventrikül bölgesel duvar hareketlerinin değerlendirilmesi**

Sol ventrikül bölgesel duvar hareketlerinin değerlendirilmesi koroner arter hastalıklarının tanısında ve takibinde önemli bir yer tutar. Amerikan Ekokardiyografi Cemiyeti iki boyutlu ekokardiyografide sol ventrikül duvar hareketleri için 16 ya da 17 segmentli modelin baz alınmasını önermektedir[104]. Sol ventrikülden alınan iki boyutlu görüntüler 16 yada 17 segmentli modele göre segmentlere ayrılır ve her segmentin hareketleri, duvar kalınlaşması tek tek değerlendirilir. Bu yöntemde en önemli kısıtlılık, görüntülenen segmentin değerlendirilen segment olduğunun varsayılmasıdır. Oysa üç boyutlu ekokardiyografide endokard sınırları daha net görüntülenir ve tek atımda görüntü elde edildiği için bu kısıtlılık ortadan

kalkmıştır[105]. Üç boyutlu ekokardiyografide görüntüler alındıktan sonra her miyokard segmenti farklı planlarda analiz edilmekte ve cihazdaki yazılımlar sayesinde segmenter ejeksiyon fraksiyonu ve hacim eğrileri değerlendirilmektedir. Segmenter ejeksiyon fraksiyonunun düşük olması, aynı segmentte duvar hareket bozukluğunun varlığını gösterir[84]. Üç boyutlu ekokardiyografi ve kardiyak manyetik rezonans ile değerlendirilen bölgesel kasılmalardan özellikle de mid ve bazal bölgeler oldukça korelasyon göstermektedir[106].

#### **2.4.13.Üç boyutlu ekokardiyografi ile sol ventrikül dissenkronisinin değerlendirilmesi**

Nabız dalga doppleri ve Doku Doppler tekniği ile sol ventrikül dissenkronisi iki boyutlu ekokardiyografik olarak hesaplanabilmektedir. PROSPECT çalışması bu şekilde hesaplanan dissenkroninin doğruluğu ve tekrarlanabilirliği ile ilgili kuşku ortaya çıkarmıştır[107]. Sol ventrikül dissenkronisinin hesaplanmasında alternatif bir yöntem de üç boyutlu ekokardiyografidir. Burada sol ventrikül dissenkronisi hesaplanırken, en sık sistolik dissenkroni indeksi kullanılan metod olmuştur[90]. Sistolik dissenkroni indeksi,segmenter hacim eğrileri kullanılarak bölgesel ejeksiyon zamanlarının standart deviasyonunun hesaplanması ile elde edilen bir parametredir. Üç boyutlu ekokardiyografi ile dissenkroni belirlenmesi esnasında oluşturulan bölgesel kontraksiyon zamanı haritalamaları sol ventrikülün en son kasılan segmentlerinin saptanmasına da imkân vermektedir. Böylece kardiyak resenkronizasyon tedavisi sırasında sol ventrikül elektrodunun yerinin optimizasyonu ve tedaviye yanıtın artırılması yönünden önem taşımaktadır[108]. Sol ventrikül fonksiyonları ileri derece bozuk olan hastalarda, segmenter hacim eğrileri yetersiz olup bu hastalarda dissenkroninin değerlendirilmesi yanlışlıklara sebep olabilir, bu yanlışlıklar bu metodun en önemli kısıtlılığını oluşturmaktadır[109].

#### **2.4.14.Üç boyutlu speckle tracking ekokardiyografi**

Sol ventrikül hacim ve sistolik fonksiyonlarının iki boyutlu speckle tracking ekokardiyografi metodu ile hesaplanmasındaki gelişmeler, speckle tracking tekniğinin gerçek zamanlı üç boyutlu ekokardiyografide kullanımının önünü açmıştır[110]. Bu

metodun avantajı, sol ventrikül hacimleri ve sol ventrikül fonksiyonları hesaplanırken kalbin dönüş hareketlerinden daha az etkileniyor olması olmuştur. Bununla birlikte iki boyutlu speckle tracking görüntülemeye, üç boyutlu düzlemde hareket eden ve 'speckle' olarak ifade edilen akustik işaretlerin takip edilen düzlem dışına çıkması yanlışlıkla segmenter duvar hareket bozukluğu olarak değerlendirilebilmektedir[84]. Bu problem üç boyutlu speckle tracking metodunda akustik işaretleyiciler üç boyutta da takip edildiği için ortadan kalkmıştır. Üç boyutlu ekokardiyografi ile 'speckle tracking' metodu kullanılarak ölçülen sol ventrikül hacim ve sol ventrikül sistolik fonksiyonlarının kardiyak manyetik rezonans ile karşılaştırılması, metodun son derece doğru ölçümler elde ettiğini göstermiştir. Üç boyutlu ekokardiyografik görüntülemeye uzaysal çözünürlük düşük olduğu için, bu metodun kullanımını sınırlayan en önemli faktör olmuştur[111].

### 3.GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışmamız 2016-2017 yıllarında Sağlık Bakanlığı Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi Kardiyoloji Anabilim Dalında yapıldı. Çalışma protokolü 'Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Tıp Fakültesi Etik Kurulu' tarafından onaylandı. Çalışmamız tek merkezli, retrospektif bir çalışmadır.

Çalışmamıza 2016-2017 yıllarında hastanemizde ekokardiyografileri yapılmış ve görüntüleri kaydedilmiş olan hastalardan 80 yaş ve üzerinde olup; atriyal fibrilasyon, diyabetes mellitus, sol dal bloğu, koroner arter hastalığı, orta-ileri kapak yetmezliği ve darlığı, kronik böbrek yetmezliği, iki boyutlu ekokardiyografide segmenter duvar hareket kusuru ve iki boyutlu ekokardiyografide kötü doku ekojenitesi olmayan toplam 40 kişi dahil edilmiştir.

Çalışmaya katılan hastaların yaş (yıl), boy (cm), vücut ağırlığı (kg), vücut kitle indeksi ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ), vücut yüzey alanı ( $\text{m}^2$ ), nabız (atım/dk) kaydedildi. Çalışmaya katılan tüm hastaların daha önce kaydedilmiş olan standart ekokardiyografik ölçümleri ile üç boyutlu ekokardiyografik ölçümleri değerlendirilmiş olup offline analiz edilmiştir.

#### Çalışmaya alınmama kriterleri:

1. Yaş $\geq$ 80 ve  $<$ 90 aralığının dışında kalanlar
2. Bilinen koroner arter hastalığı veya geçirilmiş miyokard infarktüsü
3. Akut veya kronik kalp yetmezliği varlığı
4. Atriyal fibrilasyon varlığı
5. Kalıcı pacemaker implantasyonu varlığı
6. Protez kapak mevcudiyeti
7. Kronik böbrek yetmezliği varlığı
8. Geçirilmiş transient iskemik atak ya da serebrovasküler olay öyküsü
9. Bilinen malignite öyküsü
10. Sol dal bloğu varlığı
11. Sosyal ve fiziksel olarak düşük görünümde olma
12. Diyabetes mellitus varlığı



## Çalışmadan çıkarılma kriterleri:

### 1.Ekokardiyografi sırasında organik kalp hastalığı saptanması

- a) Orta ve ileri aort darlığı
- b) Orta ve ileri aort yetmezliği
- c) Orta ve ileri mitral darlığı
- d) Orta ve ileri mitral yetmezliği
- e) Orta ve ileri triküspit darlığı
- f) Orta ve ileri triküspit yetersizliği

### 2.Bölgesel veya global kinezi bozukluğu

### 3. Kötü doku ekojenitesi varlığı

Çalışma kriterlerine uygun olmayan hastalar dışlandıktan sonra kalan 40 kişinin iki boyutlu ve üç boyutlu ekokardiyografi ile ejeksiyon fraksiyonları karşılaştırılmak üzere hesaplandı. Çalışmaya dahil edilen tüm hastalarda Philips EPIQ 7C ekokardiyografi cihazı ve X5-1 probu kullanılarak parasternal uzun aks, parasternal kısa aks, apikal dört boşluk, apikal beş boşluk, apikal iki boşluk görüntüleme yapıldı. Parasternal uzun aks görüntülemeye sol ventrikül diyastol sonu çapı, sol ventrikül sistol sonu çapı, daha sonra apikal dört boşluk, apikal iki boşluk pencerelerdeki en iyi görüntülerden elektrokardiyografi eşliğinde diyastol ve sistol sonu tespit edildikten sonra endokard sınırları çizildi ve ejeksiyon fraksiyonu Simpson metodu ile hesaplandı. Bütün ölçümler ardışık üç siklusta yapıldı ve bunların ortalamaları kaydedildi. Apikal dört boşluk pencereden PW doppler yöntemi ile örneklem volüm mitral kapak lifletlerinin uç kısmına yerleştirilerek, mitral kapağa ait E ve geç A diyastolik akım hızları cm/sn cinsinden ölçüldü. Doku doppleri ile mitral lateral ve septal anulus E', A' dalga hızları cm/sn olarak ölçüldü. Tüm doppler ölçümleri, akım parametrelerinin solunumdan etkilenmemesi için ekspiryum sonunda gerçekleştirildi.

Gerçek zamanlı üç boyutlu ekokardiyografik değerlendirilmede ise apikal dört boşluk penceresinden EKG monitörizasyonu eşliğinde Philips EPIQ 7C cihazın X5-1 matrix-array transduceri kullanılarak, hastalara ekspiryum sonunda nefesleri tutturularak

ardışık dört-beş kardiyak atım boyunca gerçek zamanlı volümetrik (full volüm ile) verileri alındı. Apikal dört boşluk penceresinden elde edilen verilerden Philips Medical Systems (QLab-Philips version 10) yazılımı kullanılarak sol ventrikül diyastol sonu hacim ve sistol sonu hacim belirlendi. Sistolik ve diyastolik sınırlar belirlendikten sonra sol ventrikülde anterior (A), inferior (I), lateral (L), septum (S) ve sol ventrikül apeksi olmak üzere 5 adet referans noktası belirlendi. Referans noktaları belirlendikten sonra QLab programında otomatik olarak her bir frame için ayrı ayrı sol ventrikül endokard sınırı belirlendi. Ortaya çıkan yanlış sınır çizimleri manuel olarak düzeltildi. Sol ventrikül diyastol sonu volümü, sol ventrikül sistol sonu volümü ve ejeksiyon fraksiyonu program yardımı ile elde edildi.

Çalışmaya katılan hastaların vücut kitle indeksi ( $\text{kg/m}^2$ ) vücut ağırlığı/boy<sup>2</sup> formülüne göre hesaplandı. Çalışmaya katılan hastaların vücut yüzey alanı ( $\text{m}^2$ ) ise  $[(\text{boy}(\text{cm}) \times \text{vücut ağırlığı}(\text{kg})) / 3600]^{1/2}$  formülüne göre hesaplandı.

### **3.1.İstatistiksel yöntemler:**

İstatistiksel analiz için SPSS 24 versiyonlu istatistik programı kullanıldı.  $p < 0.05$  anlamlı kabul edildi. Veriler normal dağılıma uygunluk açısından Kolmogorov-Smirnow testi ile değerlendirildi. Devamlı değişkenler ortalama ve standart sapma olarak, kategorik değişkenler ise yüzdelik olarak ifade edildi. Hastalar cinsiyet ve hipertansif olma durumlarına göre gruplanarak bu gruplar arası farklılıklar uygunluğuna göre T testi ve Mann-Whitney U testi ile karşılaştırıldı.  $p < 0,05$  anlamlı olarak kabul edildi.

#### 4.BULGULAR

Çalışmamıza seksen yaş ve üzeri ( $83,2\pm 2,2$ ) 21'i kadın (%52,5), 19'si erkek (%47,5) toplam 40 kişi alındı. Çalışmaya katılan hastalardan 25 kişide (%62,5) hipertansiyon, 20 kişide (%50) aort kapağında sklerotik değişiklikler mevcuttu. Çalışmaya katılan hastaların demografik verileri tablo 4 'te özetlenmiştir.

Tablo 4: Çalışmaya katılan hastaların demografik verileri

| Demografik veriler                             |       |                |
|--|-------|----------------|
| Yaş (yıl)                                      |       | $83,2\pm 2,2$  |
| Boy (cm)                                       |       | $160,5\pm 9,8$ |
| Vücut ağırlığı (kg)                            |       | $69,2\pm 11,1$ |
| Vücut kitle indeksi ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) |       | $26,9\pm 4,0$  |
| Vücut yüzey alanı ( $\text{m}^2$ )             |       | $1,7\pm 0,2$   |
| Nabız (atım/dk)                                |       | $72,7\pm 11,5$ |
| Cinsiyet                                       | Erkek | 19 (%47,5)     |
|  | Kadın | 21 (%52,5)     |
| Hipertansiyon                                  | Yok   | 15 (%37,5)     |
|  | Var   | 25 (%62,5)     |
| Aort kapağında skleroz                         | Yok   | 20 (%50)       |
|  | Var   | 20 (%50)       |

Çalışmamıza katılan hastaların iki boyutlu ekokardiyografi ile ölçülen, interventriküler septum kalınlığı ortalama  $12,8\pm 1,7$  mm, posterior duvar kalınlığı ortalama  $11,2\pm 1,5$  mm, sol atriyum çapı ortalama  $40,1\pm 4,9$  mm, sol atriyum alanı ortalama  $19,9\pm 5,4$  cm<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. Veriler tablo 5’te gösterilmiştir.

Tablo 5: İki boyutlu ekokardiyografik ölçümler

|   | n  | Ortalama±SD |
|---|----|-------------|
| Aortik anulus çapı (mm)                       | 40 | 22,5±1,9    |
| İnterventriküler septum kalınlığı (mm)        | 40 | 12,8±1,7    |
| Posterior duvar kalınlığı (mm)                | 40 | 11,2±1,5    |
| Sol ventrikül diyastol sonu çap (mm)          | 40 | 45,2±4,3    |
| Sol ventrikül sistol sonu çap (mm)            | 40 | 28,4±4,7    |
| Sol atriyum çapı (mm)                         | 40 | 40,1±4,9    |
| Ortalama sol atriyum alanı (cm <sup>2</sup> ) | 40 | 19,9±5,4    |

Çalışmamıza katılan hastalar cinsiyete göre karşılaştırıldığında, boy (cm), vücut kitle indeksi (kg/m<sup>2</sup>), vücut yüzey alanı (m<sup>2</sup>), aortik anulus çapı (mm), üç boyutlu diyastol sonu hacim (ml), üç boyutlu sistol sonu hacim (ml) arasında anlamlı fark saptandı. Kadınların boyunun erkeklere göre daha kısa ( $p<0,001$ ), kadınlarda vücut kitle indeksinin (kg/m<sup>2</sup>) erkeklere göre daha fazla ( $p<0,001$ ), kadınlarda vücut yüzey alanının (m<sup>2</sup>) erkeklere göre daha düşük ( $p=0,004$ ), kadınlarda aortik anulus çapının (mm) erkeklere göre daha düşük ( $p=0,039$ ), kadınlarda üç boyutlu diyastol sonu hacmin (ml) erkeklere göre daha düşük ( $p=0,036$ ), kadınlarda üç boyutlu sistol sonu hacmin (ml) erkeklere göre daha düşük olduğu saptandı ( $p=0,030$ ). Cinsiyete göre tüm veriler tablo 6’da gösterilmiştir.

Tablo 6: Cinsiyete göre verilerin karşılaştırılması

| Parametre                                     | Erkek            | Kadın            | p değeri         |
|---|------------------|------------------|------------------|
| Yaş (yıl)                                     | 83,2±2,0         | 83,2±2,4         | 0,969            |
| <b>Boy (cm)</b>                               | <b>168,5±6,6</b> | <b>153,3±5,9</b> | <b>&lt;0,001</b> |
| Vücut ağırlığı (kg)                           | 70,6±10,2        | 67,9±12,0        | 0,447            |
| <b>Vücut kitle indeksi (kg/m<sup>2</sup>)</b> | <b>24,7±2,6</b>  | <b>28,8±4,2</b>  | <b>0,001</b>     |
| <b>Vücut yüzey alanı (m<sup>2</sup>)</b>      | <b>1,8±0,2</b>   | <b>1,7±0,2</b>   | <b>0,004</b>     |
| Nabız (atım/dk)                               | 72,3±12,1        | 73,1±11,2        | 0,834            |
| <b>Aortik anulus (mm)</b>                     | <b>23,2±1,7</b>  | <b>21,9±2,0</b>  | <b>0,039</b>     |
| Ventriküler septum kalınlığı (mm)             | 12,9±1,5         | 13,1±1,9         | 0,730            |
| Posteriyör duvar kalınlığı (mm)               | 11,5±1,6         | 10,9±1,3         | 0,206            |
| Diyastol sonu çap (mm)                        | 46,1±4,2         | 44,3±4,4         | 0,201            |
| Sistol sonu çap (mm)                          | 29,4±5,1         | 27,6±4,2         | 0,243            |
| Sol atriyum çapı (mm)                         | 41,0±5,2         | 39,1±4,5         | 0,248            |
| Sol atriyum alanı (cm <sup>2</sup> )          | 20,0±5,6         | 19,7±5,3         | 0,879            |
| 2D EF (%)                                     | 62,1±4,6         | 61,8±5,5         | 0,852            |
| 2D DSV (ml)                                   | 78,1±17,1        | 67,9±15,7        | 0,057            |
| 2D SSV (ml)                                   | 29,3±8,3         | 25,4±5,2         | 0,088            |
| <b>3D DSV (ml)*</b>                           | <b>85,8±20,8</b> | <b>73,1±15,8</b> | <b>0,036</b>     |
| <b>3D SSV (ml)*</b>                           | <b>37,2±10,0</b> | <b>31,3±5,5</b>  | <b>0,030</b>     |
| 3D EF (%)                                     | 56,8±4,6         | 56,6±5,0         | 0,867            |

\*(DSV:diyastol sonu volüm, SSV:sistol sonu volüm)

Çalışmamıza katılan hastaların doppler parametreleri cinsiyete göre karşılaştırıldığında A velositesi (cm/sn), lateral E' dalgası (cm/sn) ve septal E' dalgası (cm/sn) arasında anlamlı fark olduğu görüldü. Kadınlarda; A velositesi erkeklere göre

yüksek ( $p=0,028$ ), lateral E' dalgası erkeklere göre düşük ( $p=0,009$ ), septal E' dalgası erkeklere göre daha düşük olduğu saptandı ( $p=0,025$ ). Veriler tablo 7'de gösterilmiştir.

Tablo 7: Cinsiyete göre doppler parametrelerinin karşılaştırılması

| Parametre                         | Erkek<br>n:19    | Kadın<br>n:21     | p değeri     |
|-----------------------------------|------------------|-------------------|--------------|
| E velositesi (cm/sn)              | 62,4±17,4        | 65,2±21,9         | 0,665        |
| <b>A velositesi (cm/sn)</b>       | <b>86,7±25,8</b> | <b>102,3±17,1</b> | <b>0,028</b> |
| Deselerasyon zamanı (ms)          | 279,3±67,0       | 259,3±49,7        | 0,288        |
| Lateral S dalgası (cm/sn)         | 8,2±1,6          | 7,4±2,2           | 0,246        |
| <b>Lateral E' dalgası (cm/sn)</b> | <b>7,7±2,1</b>   | <b>6,1±1,7</b>    | <b>0,009</b> |
| Lateral A' dalgası (cm/sn)        | 12,2±3,1         | 10,6±2,3          | 0,071        |
| Septal S dalgası (cm/sn)          | 6,9±1,3          | 6,5±1,4           | 0,379        |
| <b>Septal E' dalgası (cm/sn)</b>  | <b>5,4±1,3</b>   | <b>4,5±1,2</b>    | <b>0,025</b> |
| Septal A' dalgası (cm/sn)         | 9,6±1,8          | 8,9±2,1           | 0,268        |

Çalışmamıza katılan hastalar cinsiyete göre karşılaştırıldığında, boy (cm), vücut kitle indeksi ( $\text{kg/m}^2$ ), aortik anulus (mm), üç boyutlu diyastol sonu hacim (ml), üç boyutlu sistol sonu hacim (ml) arasında anlamlı fark bulundu fakat bu veriler vücut yüzey alanına endekslendiğinde sadece ventriküler septum kalınlığında anlamlı fark bulundu ( $p=0,021$ ). Endekslenmiş diğer parametreler arasında anlamlı fark bulunmadı. Veriler tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8: Cinsiyete göre endekslenmiş verilerin karşılaştırılması

| Parametre   | Erkek<br>n:19  | Kadın<br>n:21  | p değeri     |
|---|----------------|----------------|--------------|
| Endekslenmiş aortik anulus çapı (mm/m <sup>2</sup> )                | 13,0±1,6       | 13,3±1,4       | 0,454        |
| <b>Endekslenmiş ventriküler septum kalınlığı (mm/m<sup>2</sup>)</b> | <b>7,2±0,8</b> | <b>7,9±1,1</b> | <b>0,021</b> |
| Endekslenmiş posteriyor duvar kalınlığı (mm/m <sup>2</sup> )        | 6,4±1,2        | 6,6±0,8        | 0,582        |
| Endekslenmiş sol atriyum çapı (mm/m <sup>2</sup> )                  | 22,9±3,4       | 23,8±2,4       | 0,343        |
| Endekslenmiş diyastol sonu çap (mm/m <sup>2</sup> )                 | 25,6±2,6       | 26,9±2,9       | 0,148        |
| Endekslenmiş sistol sonu çap (mm/m <sup>2</sup> )                   | 16,3±2,4       | 16,7±2,5       | 0,548        |
| Endekslenmiş 2D DSV (ml/m <sup>2</sup> )                            | 43,3±8,6       | 41,2±9,2       | 0,460        |
| Endekslenmiş 2D SSV (ml/m <sup>2</sup> )                            | 16,2±4,0       | 15,4±3,0       | 0,486        |
| Endekslenmiş 3D DSV (ml/m <sup>2</sup> )                            | 47,4±9,8       | 44,4±9,4       | 0,321        |
| Endekslenmiş 3D SSV (ml/m <sup>2</sup> )                            | 20,5±4,6       | 19,0±3,4       | 0,244        |

Çalışmamıza katılan hastalar hipertansiyonun varlığına göre karşılaştırıldığında sadece vücut kitle indeksinde anlamlı fark bulundu. Hipertansiyonu olan hastalarda vücut kitle indeksi hipertansiyonu olmayanlara göre daha yüksek saptandı (p=0,041). Diğer tüm verilerde ise anlamlı fark saptanmadı. Veriler tablo 9’da gösterilmiştir.

Tablo 9: Hipertansiyon varlığına göre verilerin karşılaştırılması

| Parametre                                     | Hipertansiyon var | Hipertansiyon yok | p değeri     |
|---|-------------------|-------------------|--------------|
| Yaş (yıl)                                     | 83,3±2,4          | 83±1,9            | 0,626        |
| Boy (cm)                                      | 159,6±10,9        | 161,9±7,6         | 0,49         |
| Vücut ağırlığı (kg)                           | 71,1±12,3         | 65,8±8,1          | 0,11         |
| <b>Vücut kitle indeksi (kg/m<sup>2</sup>)</b> | <b>27,8±3,9</b>   | <b>25,2±3,5</b>   | <b>0,041</b> |
| Vücut yüzey alanı (m <sup>2</sup> )           | 1,7±0,1           | 1,7±0,1           | 0,477        |
| Nabız (atım/dk)                               | 70,6±10,1         | 76,2±13,0         | 0,141        |
| Aortik anulus (mm)                            | 22,4±1,7          | 22,6±2,2          | 0,719        |
| Ventriküler septum kalınlığı (mm)             | 13,3±1,7          | 12,4±1,5          | 0,097        |
| Posteriyör duvar kalınlığı (mm)               | 11,0±1,4          | 11,3±1,4          | 0,5          |
| Diyastol sonu çap (mm)                        | 44,9±4,9          | 45,5±3,3          | 0,709        |
| Sistol sonu çap (mm)                          | 28,7±5,1          | 28,0±3,8          | 0,655        |
| Sol atriyum çapı (mm)                         | 40,8±5,3          | 38,6±3,6          | 0,161        |
| Sol atriyum alanı (cm <sup>2</sup> )          | 21,1±5,7          | 17,7±4,0          | 0,052        |
| 2D EF (%)                                     | 62,2±5,0          | 61,4±5,0          | 0,638        |
| 2D DSV (ml)                                   | 72,1±17,3         | 73,6±16,8         | 0,794        |
| 2D SSV (ml)                                   | 26,9±7,2          | 27,7±7,0          | 0,747        |
| 3D DSV (ml)                                   | 79,1±20,3         | 79,1±17,8         | 1,0          |
| 3D SSV (ml)                                   | 33,9±8,3          | 34,2±8,7          | 0,917        |
| 3D EF (%)                                     | 56,6±4,8          | 56,8±4,8          | 0,894        |
| 3D Stroke volüm (ml)                          | 45,1±13,2         | 44,2±10,1         | 0,825        |



Çalışmamıza katılan hastalarda hipertansiyonun varlığına göre doppler parametreleri arasında anlamlı fark bulunmadı. Veriler tablo 10'da gösterilmiştir.

Tablo 10: Hipertansiyon varlığına göre doppler parametrelerinin karşılaştırılması

| Parametre                  | Hipertansiyon var | Hipertansiyon yok | p değeri |
|----------------------------|-------------------|-------------------|----------|
| E velositesi (cm/sn)       | 98,1±19,5         | 89,3±27,2         | 0,243    |
| A velositesi (cm/sn)       | 63,8±21,0         | 63,9±17,1         | 0,987    |
| Deselerasyon zamanı (ms)   | 272,7±57          | 262,2±62,7        | 0,59     |
| Lateral S dalgası (cm/sn)  | 7,8±2,0           | 7,7±1,9           | 0,826    |
| Lateral E' dalgası (cm/sn) | 6,6±1,8           | 7,1±2,2           | 0,411    |
| Lateral A' dalgası (cm/sn) | 11,1±2,6          | 11,6±3,1          | 0,608    |
| Septal S dalgası (cm/sn)   | 6,6±1,4           | 6,6±1,1           | 0,956    |
| Septal E' dalgası (cm/sn)  | 4,9±1,5           | 4,9±0,9           | 0,961    |
| Septal A' dalgası (cm/sn)  | 9,0±2,0           | 9,5±1,9           | 0,445    |

Çalışmamıza katılan hastaların iki boyutlu ekokardiyografi ve üç boyutlu ekokardiyografi ile karşılaştırılan ejeksiyon fraksiyonu arasında anlamlı fark saptandı ( $p<0,001$ ). İki boyutlu ekokardiyografi ile ortalama ejeksiyon fraksiyonu %61,9±5,0, üç boyutlu ekokardiyografi ile ortalama ejeksiyon fraksiyonu %56,7±4,7 olarak hesaplandı.

Çalışmamıza katılan hastaların iki boyutlu diyastol sonu hacim ve üç boyutlu diyastol sonu hacimleri arasında anlamlı fark bulundu ( $p<0,001$ ). İki boyutlu

ekokardiyografi ile ortalama diyastol sonu hacim  $77,7\pm 16,9$  ml, üç boyutlu ekokardiyografi ile ortalama diyastol sonu hacim  $79,1\pm 19,1$  ml olarak hesaplandı.

Çalışmamıza katılan hastalarda iki boyutlu sistol sonu hacim ve üç boyutlu sistol sonu hacimleri arasında anlamlı fark saptandı ( $p<0,001$ ). İki boyutlu ekokardiyografi ile ortalama sistol sonu hacim  $27,2\pm 7,0$  ml, üç boyutlu ekokardiyografi ile ortalama sistol sonu hacim  $34,0\pm 8,3$  ml olarak hesaplandı.

Çalışmamıza katılan hastaların iki boyutlu ejeksiyon fraksiyonları üç boyutlu ejeksiyon fraksiyonlarından bir miktar fazla iken volümler üç boyutlu ekokardiyografide daha fazla bulundu. Veriler tablo 11’de gösterilmiştir.

Tablo 11: Sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu, diyastol sonu hacim ve sistol sonu hacmin iki boyutlu ve üç boyutlu ekokardiyografi ile karşılaştırılması

|  | <b>2D<br/>Ekokardiyografi</b>    | <b>3D<br/>Ekokardiyografi</b>    | <b>p değeri</b>               |
|--|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|
| <b>Ejeksiyon fraksiyonu (%)</b>                            | <b><math>61,9\pm 5,0</math></b>  | <b><math>56,7\pm 4,7</math></b>  | <b><math>&lt;0,001</math></b> |
| <b>Diyastol sonu hacim (ml)</b>                            | <b><math>77,7\pm 16,9</math></b> | <b><math>79,1\pm 19,1</math></b> | <b><math>&lt;0,001</math></b> |
| <b>Endekslenmiş diyastol sonu hacim (ml/m<sup>2</sup>)</b> | <b><math>42,1\pm 8,8</math></b>  | <b><math>45,8\pm 9,6</math></b>  | <b><math>&lt;0,001</math></b> |
| <b>Sistol sonu hacim (ml)</b>                              | <b><math>27,2\pm 7,0</math></b>  | <b><math>34,0\pm 8,3</math></b>  | <b><math>&lt;0,001</math></b> |
| <b>Endekslenmiş sistol sonu hacim (ml/m<sup>2</sup>)</b>   | <b><math>15,8\pm 3,5</math></b>  | <b><math>19,7\pm 4,0</math></b>  | <b><math>&lt;0,001</math></b> |

## TARTIŞMA

Çalışmamızda sosyal ve fiziksel olarak aktif oktojenaryen bireylerde iki boyutlu ve üç boyutlu ekokardiyografi ile ölçülen ejeksiyon fraksiyonu, diyastol sonu hacim ve sistol sonu hacim karşılaştırıldı.

Üç boyutlu ekokardiyografi ve iki boyutlu ekokardiyografi ile ölçülen ejeksiyon fraksiyonları, diyastol sonu hacimleri, sistol sonu hacimleri arasındaki fark anlamlı olarak saptandı.

Oktojenaryen bireylerde baktığımız iki boyutlu ekokardiyografi ile ölçülen ejeksiyon fraksiyonu, üç boyutlu ekokardiyografiyle ölçülen ejeksiyon fraksiyonundan her iki cinsiyette de yüksek bulundu. Üç boyutlu ekokardiyografi ile ölçülen ejeksiyon fraksiyonunun daha düşük olması kalbin sistoldeki longitudinal liflerinin yaşla birlikte dejenerasyonunu ve kasılma bozukluğunu düşündürmektedir. Sağlıklı, sosyal ve fiziksel olarak aktif oktojenaryen bireyleri aldığımız bu çalışmamızda iki boyutlu ekokardiyografide EF'nin yüksek, üç boyutlu ekokardiyografide EF'nin normal sınırlarda fakat daha düşük olması, iki boyutlu ekokardiyografinin senil dejenerasyona bağlı olası subklinik hasarları gözden kaçırabileceği veya saptayamayabileceği kuşkusunu uyandırmaktadır[112].

Kalp yetersizliği; sık görülmesi, görülme sıklığının giderek artması, yüksek morbidite ve mortalite oranlarına sahip olması nedeniyle çok önemli bir halk sağlığı problemidir[113]. Son zamanlarda tedavide kullanılabilecek alternatiflerin sayısının artması kardiyak fonksiyonların düzenli olarak takip edilmesini daha da önemli hale getirmiştir. Literatürde kalp yetersizliğinde prognozu belirleyen en önemli değişkenin sol ventrikül ejeksiyon fraksiyonu olduğu görülmektedir[114]. Ejeksiyon fraksiyonu dışında sol ventrikül diyastol ve sistol sonu hacimlerinin de prognoz üzerinde etkileri vardır[115]. Bu nedenle kalp yetmezliği hastalarında prognozun ve tedavi seçeneklerinin belirlenmesi, uygulanan tedaviye cevabın değerlendirilmesi için ventrikül hacim ve fonksiyonlarının doğruluk ve tekrar edilebilirlik değeri yüksek bir tetkik yöntemiyle incelenmesi oldukça önemlidir[116].

Sol ventrikül hacimleri, üç boyutlu olarak birkaç farklı yöntemle hesaplanabilmektedir. En sık kullanılan iki yöntem biplan ve direkt volümetrik ölçümlerdir. Biplan yönteminde; iki boyutlu apikal dört boşluk ve iki boyutlu apikal iki

boşluk görüntülerde endokard sınırları manuel olarak çizilir ve sol ventrikül hacimleri ve ejeksiyon fraksiyonu hesaplanır. Biplan metodu iki boyutlu ekokardiyografik görüntüleme meydana gelen apikal görüntü kısalması problemini ortadan kaldırırsa da, geometrik varsayımlar içermesi sebebiyle simetrik olmayan ventriküle sahip hastalarda yanlış ölçümlere sebep olabilmektedir. Direkt volumetrik ölçümlerde ise cihazdaki yazılım, kullanıcı tarafından belirlenmiş olan referans noktalarını kullanarak endokard sınırları otomatik olarak tespit edilmekte ve daha sonra bu endokard sınırlarının rekonstrüksiyonu ile ventrikülün üç boyutlu kalıbı oluşturulmaktadır. Direkt volümetrik ölçüm yöntem apikal görüntü kısalması ve geometrik varsayımları ortadan kaldırdığı için biplan yöntemine göre daha doğru sonuç vermektedir[84, 94]. Bizde çalışmamızda sol ventrikül volümlerini iki boyutlu ve üç boyutlu ekokardiyografi ile ölçtük. İki boyutlu ekokardiyografi ile ölçtüğümüz volümlerde hem diyastol sonu volüm hem de sistol sonu volümü erkeklerde daha fazla bulduk fakat bu farklılık istatistiksel anlam oluşturmadı. Üç boyutlu ekokardiyografi ile ölçtüğümüz volümlerde de hem diyastol sonu volümü hem de sistol sonu volümü erkeklerde daha yüksek bulduk ve bu volümler arasındaki farkı anlamlı olarak saptadık. İki boyutlu ve üç boyutlu olarak ölçtüğümüz sol ventrikül diyastol sonu volümü ve sistol sonu volümünü vücut yüzey alanına endekslediğimizde cinsiyetler arasındaki fark kayboldu.

Literatürde sol ventrikül diyastol sonu ve sistol sonu hacimlerinin yaşla birlikte azaldığı gösterilmiş ve bu azalma sol ventrikül uzun eksenindeki kısalma sonucu ventrikülün elipsoid geometrisinin sferik şekil almasıyla açıklanmıştır [117]. Wahr ve arkadaşları apikal dört boşluk görüntüde alan-uzunluk yöntemini kullanarak normal popülasyonda diyastol sonu ve sistol sonu volümlerini erkekler için  $112\pm 27$  ve  $35\pm 16$  ml, kadınlar için  $89\pm 20$  ve  $33\pm 12$  ml olarak bulmuşlardır. Bizim çalışmamızda da iki boyutlu diyastol sonu hacim erkekler için ortalama  $78,1\pm 17,1$  ml, kadınlar için  $67,9\pm 15,7$  ml, sistol sonu hacim erkekler için ortalama  $29,3\pm 8,3$  ml, kadınlar için  $25,4\pm 5,2$  ml bulundu. Bizim çalışmamızda volümler daha düşük bulunmuştur. Sağlıklı oktojenaryen bireylerde yaşlanma ile ilişkili sol ventrikül diyastol ve sistol sonu volümlerin azalması önceki benzer çalışmaları destekler nitelikte olup temel nedeninin ventrikül geometrisindeki değişiklikler olduğu düşünülmektedir.

Yapılan çalışmalarda, üç boyutlu ekokardiyografi ile ölçülen sol ventrikül hacim ve ejeksiyon fraksiyonu, iki boyutlu ekokardiyografi ile ölçülen sol ventrikül hacim ve

ejeksiyon fraksiyonuna göre daha üstündür. Ölçümler daha doğru ve tekrarlanabilir özelliktedir. Bunun sebebi üç boyutlu ekokardiyografi ile sol ventrikül endokard sınırlarının daha doğru saptanması, iki boyutlu ekokardiyografideki gibi geometrik varsayımların olmaması, apikal görüntü kısalmasının (foreshortening) daha az olması ve tüm segmentlerin aynı anda değerlendirilmesi olarak sayılabilir. Üç boyutlu ekokardiyografi ile hesaplanan sol ventrikül hacim ve ejeksiyon fraksiyonu değerleri altın standart teknik olarak kabul edilen kardiyak manyetik rezonans ile ölçülenlerle kıyaslandığında bir miktar daha düşük bulunmaktadır[88, 89]. Buna sebep olarak yetersiz çözünürlük sebebiyle endokard sınırının net olarak belirlenememesi ve kardiyak manyetik rezonans ile trabekülasyonların dış kenarından endokard sınırlarının çizilmesi, ekokardiyografide ise endokard sınırlarının trabekülasyonların iç kenarından çizilmesi gösterilmektedir. Üç boyutlu ekokardiyografide operatör deneyiminin artırılmasıyla ve endokard sınırlarının ventrikül içindeki trabekülasyonları da içerecek şekilde dıştan çizilmesi bu sorunun çözülmesi için önerilmektedir[90, 91].

Sol ventrikül hacimlerinin ve sistolik fonksiyonlarının üç boyutlu ekokardiyografi ile ölçülmesi radyonüklid ventrikülografi ve kardiyak manyetik rezonans gibi referans tekniklerle çalışmalarda karşılaştırılmış ve önemi ortaya konmuştur. Ayrıca çalışmalar üç boyutlu ekokardiyografinin sol ventrikül hacim ve sistolik fonksiyonlarının ölçümünde daha güvenilir ve tekrarlanabilir bir tetkik olduğunu göstermiştir[95, 96]. Üç boyutlu ekokardiyografi ile ölçülen sol ventrikül hacim ve ejeksiyon fraksiyonu, iki boyutlu ekokardiyografik ölçümler ile karşılaştırıldığında kardiyak manyetik rezonans ile yapılan ölçümlerle anlamlı bir şekilde daha fazla korelasyon gösterdiği bulunmuştur[100]. Üç boyutlu ekokardiyografinin, iki boyutlu ekokardiyografiye göre sol ventrikül hacimlerinin ve sistolik fonksiyonlarını saptamadaki güvenilirliği, anevrizma, bölgesel duvar hareket bozukluğu ve kompleks konjenital kalp hastalığı gibi değerlendirmeyi güçleştiren sebeplerin varlığında da ispatlanmıştır[97-99].

Caiani ve arkadaşlarının yaptığı üç boyutlu ekokardiyografi kullanarak sol ventrikül hacimlerinin ve ejeksiyon fraksiyonunun manyetik rezonans görüntüleme ile karşılaştırılması çalışmasında; sol ventrikül volümleri ve ejeksiyon fraksiyonu gözlemciler arası değişkenliğe sahip, klasik iki boyutlu ekokardiyografiye göre daha yüksek düzeyde manyetik rezonans ile uyumlu bulunmuş[68].

Kühl ve arkadaşlarının yaptığı; üç boyutlu ekokardiyografi ve manyetik rezonans ile kardiyak hacimlerin ve fonksiyonların hesaplanması ve karşılaştırılması çalışmasında üç boyutlu ekokardiyografide endokard sınırlarının hem otomatik hem manuel çizilebilmesi kardiyak hacimlerin ve fonksiyonların doğru bir şekilde hesaplanabilmesini sağladığı tespit edilmiş. Ayrıca üç boyutlu ekokardiyografinin yüksek oranda tekrarlanabilir olması hastaların takibi için uygulanabilir bir yöntem olduğunu ortaya koymuştur[118].

Hans Joachim Nesser ve arkadaşları gerçek zamanlı üç boyutlu ekokardiyografi ile bölgesel sol ventrikül fonksiyonunun hacimsel analizi: manyetik rezonans ve klinik faydalı testlerle doğrulama adlı çalışmalarında; üç boyutlu ekokardiyografi sonuçlarının kardiyak MR ile uyumlu olduğunu saptamışlardır[119]. Literatürdeki bu çalışmalardan hareketle; günümüzde ekokardiyografiye ulaşımın kolay olması, ekokardiyografinin maliyetinin düşük olması, vücudunda protez materyal bulunan hastalara güvenle uygulanabilmesi, klostrofobik hastalara uygulanabilir olması gibi avantajlar ekokardiyografinin öncelikli tercih sebebi olmasını sağlayabilir.

Çalışmamıza katılan hastalarda sol ventrikül duvar kalınlıklarını da inceledik. Ventriküler septum kalınlığının kadınlarda erkeklere göre daha fazla, posteriyor duvar kalınlığının ise kadınlarda daha düşük olduğunu bulduk. Cinsiyete göre duvar kalınlıkları arasında anlamlı fark saptamadık fakat duvar kalınlıklarını vücut yüzey alanına endekslediğimizde ventriküler septum kalınlığında cinsiyetler arası anlamlı fark olduğunu gördük. Kadınlarda ventriküler septum kalınlığının daha fazla olması sigmoid septumdan kaynaklanıyor olabileceğini düşündük. Shub ve arkadaşları farklı yaş gruplarındaki normal bireyleri incelediği çalışmalarında 60 yaş ve üzeri ventriküler septum/posteriyor duvar kalınlığı erkeklerde  $10,1\pm 1,4/10,3\pm 1,3$  mm, kadınlarda  $10,1\pm 0,9/9,2\pm 1,2$  mm olarak buldular [120]. Bir kısmı hipertansif olan oktojenaryen bireyleri aldığımız çalışmamızda ise ventriküler septum kalınlığı erkeklerde ortalama  $12,9\pm 1,5$ , kadınlarda ortalama  $13,1\pm 1,9$  posteriyor duvar kalınlığı erkeklerde ortalama  $11,5\pm 1,6$ , kadınlarda ortalama  $10,9\pm 1,3$  mm bulduk. Bu yüksek değerlerin sebebi olarak yaşlanma sürecinde kollajen yapısındaki değişiklikler, fokal kollajen artışı, lipid depolanması, amiloid infiltrasyonu gibi durumlar miyokardın yapısal değişikliklerine katkıda bulunur; böylece yıkım, hipertrofi ve birikim sürecinin ventriküler septum ve posteriyor duvar kalınlığında artışa neden olduğu söylenebilir.

Çalışmamızda ayrıca diyastolik fonksiyonlarla ilgili parametreleri de ölçtük. Yaşlanma ile diyastolik disfonksiyon arasındaki ilişki bugüne kadar yapılan pek çok çalışmada gösterilmiştir. Sağlıklı kişilerde bile 50'li yaşlardan itibaren ventrikülün viskoelastik özellikleri bozulmaya, kompliyansı azalmaya ve katılığı artmaya başlar. Bu nedenle doppler ekokardiyografi ile eldilen dalgaların süre ve ampplitüdünde belirgin değişiklikler oluşur. Diyastolik disfonksiyonun erken evrelerde E dalgasının amplitüdü ve iniş eğimi azalır, deselerasyon zamanı uzar. Atriyal kasılmaya sekonder oluşan A dalgasının amplitüdü E dalgasına oranla daha yüksek kalır. Hatle ve arkadaşları, sağlıklı kişilerde sol ventrikül diyastolik parametrelerinin normal değerlerinin araştırdıkları çalışmalarında 60 yaş ve üzerinde E hızının  $71\pm 11$  cm/sn, A hızının  $75\pm 12$  cm/sn, deselerasyon zamanının  $200\pm 29$  ms olduğunu bulmuşlardır [35]. Başka bir çalışmada ise 6. Dekattan itibaren E hızının azaldığı A hızının, deselerasyon zamanının arttığı görülmüş ve 80 yaş ve üzeri grup için E hızı  $64\pm 19$  cm/sn, A hızı  $67\pm 17$  cm/sn, deselerasyon zamanı  $219\pm 42$  ms olarak tesbit edilmiştir [121]. Bizim çalışmamızdaki oktojenaryen bireylerden kadınlarda E hızı  $65,2\pm 21,9$  cm/sn, A hızı  $102,3\pm 17,1$  cm/sn, erkeklerde E hızı  $62,4\pm 17,4$  cm/sn, A hızı  $86,7\pm 25,8$  cm/sn olarak bulundu. Bu sonuçlar 80 yaşın üzerindeki sağlıklı kalplerde diyastolik fonksiyonların bozulduğunu göstermektedir.

Literatürde genel olarak S dalga hızlarının 9 cm/sn'den yüksek olması durumunda sistolik fonksiyonun korunduğu bildirilmiştir [122]. Çalışmamızda sol ventrikül için S dalgalarının daha düşük bulunması sistoldeki longitudinal liflerin yaşla birlikte bozulmasını düşündürmektedir. Doku doppler ekokardiyografinin konvansiyonel ekokardiyografiye göre daha hassas olduğu göz önüne alındığında yaşlılığın sol ventrikül sistolik fonksiyonunu ılımlı bir şekilde bozduğu söylenebilir.

Sonuç olarak; bu çalışmada 80 yaş ve üzeri sosyal ve fiziksel olarak aktif bireylerde iki boyutlu ve üç boyutlu ejeksiyon fraksiyonu, diyastol sonu ve sistol sonu volüm, Doppler parametreleri ölçüldü. Çalışma sonuçları kendi içinde değerlendirildiğinde yaşlanmanın doğal sonucu olarak kalpte bazı yapısal ve fonksiyonel değişikliklerin ekokardiyografi bulgularına yansıdığı görülmüştür. Bu değişiklikler arasında en önemlileri diyastol sonu ve sistol sonu volümlerin üç boyutlu ekokardiyografide daha fazla olması, ejeksiyon fraksiyonunun ise iki boyutlu ekokardiyografiye göre normal sınırlarda fakat daha düşük olması, sol ventrikül duvar kalınlıklarında artış, hipertansiyon varlığında birçok parametre arasında anlamlı farkın olmaması, yaşlanma ile diyastolik

parametrelerde değişiklikler olması sayılabilir. Dünyada ve ülkemizde insanların hızla yaşlandığı ve önümüzdeki yıllarda 80 yaş ve üzeri grubun gittikçe artacağı göz önüne alındığında, literatürde oktojenaryen bireylere yönelik iki boyutlu ve üç boyutlu ekokardiyografik parametrelerin karşılaştırılması ile ilgili verilerin yetersizliği düşünüldüğünde çalışmamızın kardiyoloji pratiğinde klinisyenlere ışık tutabileceğine inanıyoruz.





## KAYNAKLAR

1. Bilir, N., Türkiye’de ve dünyada yaşlılarda demografik özellikler. İçinde: Arıoğul S, editör. Geriatri ve gerontoloji. Ankara: MN Medikal ve Nobel Yayıncılık, 2006: p. 3-9.
2. Alaszewski, A., J. Billings, and K. Coxon, Integrated health and social care for older persons: theoretical and conceptual issues. Providing integrated health and social care for older persons—A European overview of issues at stake. Aldershot: Ashgate Publishing Limited, 2004: p. 53-94.
3. Ayrancı, Ü., et al., Eskişehir’de yaşlıların sosyoekonomik özellikleri ve sağlık durumları. STED, 2005. 14(5): p. 113-119.
4. Üner, S., halk sağlığı ile ilgili güncel sorunlar ve yaklaşımlar. yaşlı dostu sağlık hizmetleri, 2009: p. 271-4.
5. KUTSAL, Y.G., Türkiye’de Yaşlılık. Türkiye Klinikleri Journal of Cardiology Special Topics, 2013. 6(1): p. 1-6.
6. Mandıracıoğlu, A., Dünyada ve Türkiye’de yaşlıların demografik özellikleri. Ege Tıp Dergisi, 2010. 49(10).
7. Taşçı, F., Yaşlılara yönelik sosyal politikalar: İsveç, Almanya, İngiltere ve İtalya örnekleri. Çalışma ve Toplum, 2010. 1: p. 175-202.
8. ERDEM, Ş.R., Yaşlılık ile İlişkili Farmakokinetik ve Farmakodinamik Değişikliklerin İlaçlara Yanıt Üzerine Etkisi: Kalp-Damar Sistemi İlaçları ve Yaşlılık. Türkiye Klinikleri Journal of Cardiology Special Topics, 2013. 6(1): p. 14-22.
9. Beğer, T. and H. Yavuzer, Yaşlılık ve yaşlılık epidemiyolojisi. Klinik gelişim, 2012. 25(3): p. 1-3.
10. Bilir, N., Yaşlanan Toplum, Sağlıklı ve Başarılı Yaşlanma. 2004, HÜ GEBAM Yayınları s.
11. Organization, W.H., Ageing and health: A health promotion approach for developing countries. 2003, Manila: WHO Regional Office for the Western Pacific.
12. Lakatta, E.G. and S.J. Sollott, Perspectives on mammalian cardiovascular aging: humans to molecules. Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology, 2002. 132(4): p. 699-721.
13. Lakatta, E.G., Arterial and cardiac aging: major shareholders in cardiovascular disease enterprises: Part III: cellular and molecular clues to heart and arterial aging. Circulation, 2003. 107: p. 490-497.
14. Eg, L. and D. Levy, Arterial and cardiac aging: major shareholders in cardiovascular disease enterprises: part II: the aging heart in health: links to heart disease. Circulation, 2003. 107: p. 346-354.
15. Lakatta, E.G. and D. Levy, Arterial and cardiac aging: major shareholders in cardiovascular disease enterprises: Part I: aging arteries: a "set up" for vascular disease. Circulation, 2003. 107(1): p. 139-46.
16. GOOR, D., C.W. LILLEHEI, and J.E. EDWARDS, The "sigmoid septum" variation in the contour of the left ventricular outlet. American Journal of Roentgenology, 1969. 107(2): p. 366-376.

17. Ferrari, A.U., A. Radaelli, and M. Centola, Invited review: aging and the cardiovascular system. *Journal of Applied Physiology*, 2003. 95(6): p. 2591-2597.
18. Olivetti, G., et al., Gender differences and aging: effects on the human heart. *Journal of the American College of Cardiology*, 1995. 26(4): p. 1068-1079.
19. Anversa, P., et al., Myocardial infarction in rats. Infarct size, myocyte hypertrophy, and capillary growth. *Circulation Research*, 1986. 58(1): p. 26-37.
20. Olivetti, G., et al., Cardiomyopathy of the aging human heart. Myocyte loss and reactive cellular hypertrophy. *Circulation research*, 1991. 68(6): p. 1560-1568.
21. Sangaralingham, S.J., et al., The aging heart, myocardial fibrosis, and its relationship to circulating C-type natriuretic peptide. *Hypertension*, 2011. 57(2): p. 201-207.
22. Burlew, B.S. and K.T. Weber, Connective tissue and the heart: functional significance and regulatory mechanisms. *Cardiology clinics*, 2000. 18(3): p. 435-442.
23. Fares, E. and S.E. Howlett, Effect of age on cardiac excitation–contraction coupling. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*, 2010. 37(1): p. 1-7.
24. Jovanović, S. and A. Jovanović, Sarcolemmal K ATP channels in ageing. *Ageing research reviews*, 2004. 3(2): p. 199-214.
25. Josephson, I.R., et al., Alterations in properties of L-type Ca channels in aging rat heart. *Journal of molecular and cellular cardiology*, 2002. 34(3): p. 297-308.
26. Slotwiner, D.J., et al., Relation of age to left ventricular function in clinically normal adults. *Am J Cardiol*, 1998. 82(5): p. 621-6.
27. Nussbacher, A., et al., Hemodynamic effects of unloading the old heart. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 1999. 277(5): p. H1863-H1871.
28. Monahan, K.D., Effect of aging on baroreflex function in humans. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 2007. 293(1): p. R3-R12.
29. Rutan, G.H., et al., Orthostatic hypotension in older adults. The Cardiovascular Health Study. CHS Collaborative Research Group. *Hypertension*, 1992. 19(6 Pt 1): p. 508-519.
30. Docherty, J.R., Cardiovascular responses in ageing: a review. *Pharmacological reviews*, 1990. 42(2): p. 103-125.
31. Jones, S.A., Ageing to arrhythmias: conundrums of connections in the ageing heart. *Journal of pharmacy and pharmacology*, 2006. 58(12): p. 1571-1576.
32. Mason, J.W., et al., Electrocardiographic reference ranges derived from 79,743 ambulatory subjects. *Journal of electrocardiology*, 2007. 40(3): p. 228-234. e8.
33. Fleg, J.L., et al., Accelerated longitudinal decline of aerobic capacity in healthy older adults. *Circulation*, 2005. 112(5): p. 674-682.
34. Edler, I. and C.H. Hertz, The use of ultrasonic reflectoscope for the continuous recording of the movements of heart walls. *Clinical physiology and functional imaging*, 2004. 24(3): p. 118-136.
35. Oh, J.K., J.B. Seward, and A.J. Tajik, *The echo manual*. 2006: Lippincott Williams & Wilkins.
36. Joyner, C.R. and J.M. Reid, Applications of ultrasound in cardiology and cardiovascular physiology. *Progress in cardiovascular diseases*, 1963. 5(5): p. 482-497.

37. Feigenbaum, H., J.A. Waldhausen, and L.P. Hyde, Ultrasound diagnosis of pericardial effusion. *Jama*, 1965. 191(9): p. 711-714.
38. Tajik, A.J., et al. Two-dimensional real-time ultrasonic imaging of the heart and great vessels. Technique, image orientation, structure identification, and validation. in *Mayo Clinic Proceedings*. 1978.
39. Holen, J., et al., Determination of Pressure Gradient in Mitral Stenosis with a Non - invasive Ultrasound Doppler Technique. *Journal of Internal Medicine*, 1976. 199(1 - 6): p. 455-460.
40. Hatle, L., et al., Noninvasive assessment of pressure drop in mitral stenosis by Doppler ultrasound. *Heart*, 1978. 40(2): p. 131-140.
41. OMOTO, R. and C. KASAI, Physics and instrumentation of Doppler color flow mapping. *Echocardiography*, 1987. 4(6): p. 467-483.
42. Edelman, S.K., *Understanding Ultrasound Physics: Fundamentals and Exam Review*. 1990: ESP Publishers.
43. Hatle, L., B. Angelsen, and A. Tromsdal, Non-invasive assessment of aortic stenosis by Doppler ultrasound. *Heart*, 1980. 43(3): p. 284-292.
44. Goldberg, B.B. and P.N.T. Wells, *Ultrasonics in clinical diagnosis*. 1983.
45. Main, M.L., et al., Comparison of tissue harmonic imaging with contrast (sonicated albumin) echocardiography and Doppler myocardial imaging for enhancing endocardial border resolution. *The American journal of cardiology*, 1999. 83(2): p. 218-222.
46. DeMaria, A.N., et al., Mitral valve early diastolic closing velocity in the echocardiogram: relation to sequential diastolic flow and ventricular compliance. *The American journal of cardiology*, 1976. 37(5): p. 693-700.
47. Hurst, J.W., et al., *Hurst's the heart*. 13th ed. 2011, New York: McGraw-Hill Medical.
48. Lauer, M., M. Larson, and D. Levy, Gender-specific Reference M-mode Values In Adults: Population-derived Values With Consideration Of The Impact Of Height. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, 1996. 12(3): p. 155.
49. Vasan, R.S., et al., Echocardiographic reference values for aortic root size: the Framingham Heart Study. *J Am Soc Echocardiogr*, 1995. 8(6): p. 793-800.
50. Teichholz, L.E., et al., Problems in echocardiographic volume determinations: echocardiographic-angiographic correlations in the presence or absence of asynergy. *The American journal of cardiology*, 1976. 37(1): p. 7-11.
51. McDonald, I.G., H. Feigenbaum, and S. Chang, Analysis of left ventricular wall motion by reflected ultrasound. *Circulation*, 1972. 46(1): p. 14-25.
52. Feigenbaum, H., Echocardiographic examination of the left ventricle. *Circulation*, 1975. 51(1): p. 1-7.
53. Buğra, Z., *Ekokardiyografi*. 1. baskı ed. Klinik kardioloji tanı ve tedavi, istanbul tıp kitapevi, ed. A. Kamil. 2013.
54. Bansal, R., et al. Feasibility of detailed two-dimensional echocardiographic examination in adults. Prospective study of 200 patients. in *Mayo Clinic Proceedings*. 1980.
55. Edwards, W.D., A.J. Tajik, and J.B. Seward, Standardized nomenclature and anatomic basis for regional tomographic analysis of the heart. *Mayo Clin Proc*, 1981. 56(8): p. 479-97.
56. Henry, W.L., et al., Report of the American Society of Echocardiography Committee on nomenclature and standards in two-dimensional echocardiography. *Circulation*, 1980. 62(2): p. 212-217.

57. Åsberg, A., Ultrasonic cinematography of the living heart. *Ultrasonics*, 1967. 5(2): p. 113-117.
58. Chambers, J., *Echocardiography in primary care*. 1996: Taylor & Francis.
59. Doppler, C., *Über das farbige Licht der Doppelsterne und einiger anderer Gestirne des Himmels*. 1842: Calve.
60. Hatle, L. and B. Angelsen, *Doppler ultrasound in cardiology: physical principles and clinical applications*. 1985: Lea & Febiger.
61. Baker, D.W., S.A. Rubenstein, and G.S. Lorch, Pulsed Doppler echocardiography: principles and applications. *The American journal of medicine*, 1977. 63(1): p. 69-80.
62. Garcia, M.J., J.D. Thomas, and A.L. Klein, New Doppler echocardiographic applications for the study of diastolic function. *Journal of the American College of Cardiology*, 1998. 32(4): p. 865-875.
63. Ryding, A., *Temel Ekokardiyografi, istanbul tıp kitapevi*. 1. baskı ed, ed. K. İbrahim. 2012.
64. Sutherland, G.R., et al., Color Doppler myocardial imaging: a new technique for the assessment of myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr*, 1994. 7(5): p. 441-58.
65. Oğuzhan, A., *Doku doppler görüntüleme*. Erol Ç, Özkan M, editörler. *Klinik ekokardiyografi ve diğer görüntüleme yöntemleri*. Ankara: MN Medikal & Nobel, 2007: p. 53-69.
66. UMMAN, B., *Doppler Ekokardiyografi*. *Türkiye Klinikleri Journal of Internal Medical Sciences*, 2005. 1(42): p. 39-50.
67. Gottdiener, J.S., et al., American Society of Echocardiography recommendations for use of echocardiography in clinical trials: A report from the american society of echocardiography's guidelines and standards committee and the task force on echocardiography in clinical trials. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 2004. 17(10): p. 1086-1119.
68. Caiani, E.G., et al., Improved semiautomated quantification of left ventricular volumes and ejection fraction using 3-dimensional echocardiography with a full matrix-array transducer: comparison with magnetic resonance imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 2005. 18(8): p. 779-788.
69. Armstrong, W.F.a.R., Feigenbaum Ekokardiyografi(çev. Ç. Erol,K.Özdemir,Hakan Akıllı,Gökhan Altunbaş). Ankara Güneş Tıp Kitapevi(Eserin orijinali 2011 de yayınlandı), 2011.
70. Wyatt, H.L., et al., Cross-sectional echocardiography III. Analysis of mathematic models for quantifying volume of symmetric and asymmetric left ventricles. *American heart journal*, 1980. 100(6): p. 821-828.
71. Schiller, N.B., et al., Left ventricular volume from paired biplane two-dimensional echocardiography. *Circulation*, 1979. 60(3): p. 547-555.
72. Vuille, C. and A. Weyman, Left ventricle I: general considerations, assessment of chamber size and function. *Principles and practice of echocardiography*, 1994. 2: p. 575-624.
73. Vasan, R.S., E.J. Benjamin, and D. Levy, Prevalence, clinical features and prognosis of diastolic heart failure: an epidemiologic perspective. *Journal of the American College of Cardiology*, 1995. 26(7): p. 1565-1574.
74. Cerqueira, M., et al., AHA Writing Group on Myocardial Segmentation and Registration for Cardiac Imaging. Standardized myocardial segmentation and

- nomenclature for tomographic imaging of the heart. *Circulation*, 2002. 105: p. 539-542.
75. Lang, R.M., et al., EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional echocardiography. *European Heart Journal—Cardiovascular Imaging*, 2012. 13(1): p. 1-46.
  76. Schwalm, S.A., et al., Assessment of mitral valve leaflet perforation as a result of infective endocarditis by 3-dimensional real-time echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 2004. 17(8): p. 919-922.
  77. Xie, M.-X., et al., Comparison of accuracy of mitral valve area in mitral stenosis by real-time, three-dimensional echocardiography versus two-dimensional echocardiography versus Doppler pressure half-time. *The American journal of cardiology*, 2005. 95(12): p. 1496-1499.
  78. Mor-Avi, V., et al., Fast measurement of left ventricular mass with real-time three-dimensional echocardiography: comparison with magnetic resonance imaging. *Circulation*, 2004. 110(13): p. 1814-8.
  79. Norris, R., et al., Prognosis after recovery from myocardial infarction: the relative importance of cardiac dilatation and coronary stenoses. *European heart journal*, 1992. 13(12): p. 1611-1618.
  80. King, D.L., et al., Ultrasound beam orientation during standard two-dimensional imaging: assessment by three-dimensional echocardiography. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 1992. 5(6): p. 569-576.
  81. McGowan, J.H. and J.G. Cleland, Reliability of reporting left ventricular systolic function by echocardiography: a systematic review of 3 methods. *American heart journal*, 2003. 146(3): p. 388-397.
  82. Mor-Avi, V. and R.M. Lang, The use of real-time three-dimensional echocardiography for the quantification of left ventricular volumes and function. *Current opinion in cardiology*, 2009. 24(5): p. 402-409.
  83. Chang, S.-A., et al., Feasibility of single-beat full-volume capture real-time three-dimensional echocardiography and auto-contouring algorithm for quantification of left ventricular volume: validation with cardiac magnetic resonance imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 2011. 24(8): p. 853-859.
  84. Gillam, L.D. and C.M. Otto, *Advanced approaches in echocardiography*. 2012: Elsevier Health Sciences.
  85. Sudhakar, S., P. Khairnar, and N.C. Nanda, Live/real time three - dimensional transesophageal echocardiography. *Echocardiography*, 2012. 29(1): p. 103-111.
  86. Vegas, A., M. Meineri, and A. Jerath, *Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography: a step-by-step guide*. 2012: Springer Science & Business Media.
  87. Gerege, D. and Ç. Erol, Üç boyutlu ekokardiyografi. *MN Kardiyoloji*, 2014. 21: p. 122-127.
  88. Dorosz, J.L., et al., Performance of 3-dimensional echocardiography in measuring left ventricular volumes and ejection fraction: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*, 2012. 59(20): p. 1799-808.
  89. Shimada, Y.J. and T. Shiota, A meta-analysis and investigation for the source of bias of left ventricular volumes and function by three-dimensional echocardiography in comparison with magnetic resonance imaging. *The American journal of cardiology*, 2011. 107(1): p. 126-138.

90. Kapetanakis, S., et al., Real-time Three-dimensional echocardiography. *Circulation*, 2005. 112(7): p. 992-1000.
91. Yamani, H., Q. Cai, and M. Ahmad, Three - Dimensional Echocardiography in Evaluation of Left Ventricular Indices. *Echocardiography*, 2012. 29(1): p. 66-75.
92. Zekry, S.B., et al., Comparative accuracy of two-and three-dimensional transthoracic and transesophageal echocardiography in identifying mitral valve pathology in patients undergoing mitral valve repair: initial observations. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 2011. 24(10): p. 1079-1085.
93. Lang, R.M., et al., Valvular heart disease. *Journal of the American College of Cardiology*, 2011. 58(19): p. 1933-1944.
94. Soliman, O.I., et al., Quantification of left ventricular volumes and function in patients with cardiomyopathies by real-time three-dimensional echocardiography: a head-to-head comparison between two different semiautomated endocardial border detection algorithms. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 2007. 20(9): p. 1042-1049.
95. Jenkins, C., et al., Reproducibility and accuracy of echocardiographic measurements of left ventricular parameters using real-time three-dimensional echocardiography. *Journal of the American College of Cardiology*, 2004. 44(4): p. 878-886.
96. Greupner, J., et al., Head-to-head comparison of left ventricular function assessment with 64-row computed tomography, biplane left cineventriculography, and both 2-and 3-dimensional transthoracic echocardiography: comparison with magnetic resonance imaging as the reference standard. *Journal of the American College of Cardiology*, 2012. 59(21): p. 1897-1907.
97. Qin, J.X., et al., Validation of real-time three-dimensional echocardiography for quantifying left ventricular volumes in the presence of a left ventricular aneurysm: in vitro and in vivo studies. *Journal of the American College of Cardiology*, 2000. 36(3): p. 900-907.
98. Arai, K., et al., Accuracy of measurement of left ventricular volume and ejection fraction by new real-time three-dimensional echocardiography in patients with wall motion abnormalities secondary to myocardial infarction. *The American journal of cardiology*, 2004. 94(5): p. 552-558.
99. Riehle, T.J., et al., Real-time three-dimensional echocardiographic acquisition and quantification of left ventricular indices in children and young adults with congenital heart disease: comparison with magnetic resonance imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 2008. 21(1): p. 78-83.
100. Lu, X., et al., How accurately, reproducibly, and efficiently can we measure left ventricular indices using M-mode, 2-dimensional, and 3-dimensional echocardiography in children? *American heart journal*, 2008. 155(5): p. 946-953.
101. Takeuchi, M., et al., Measurement of left ventricular mass by real-time three-dimensional echocardiography: validation against magnetic resonance and comparison with two-dimensional and m-mode measurements. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 2008. 21(9): p. 1001-1005.
102. Yap, S.C., et al., Rapid and accurate measurement of LV mass by biplane real-time 3D echocardiography in patients with concentric LV hypertrophy: comparison to CMR. *Eur J Echocardiogr*, 2008. 9(2): p. 255-60.

103. Mannaerts, H.F., et al., Early identification of left ventricular remodelling after myocardial infarction, assessed by transthoracic 3D echocardiography. *Eur Heart J*, 2004. 25(8): p. 680-7.
104. Lang, R., et al., American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee; European Association of Echocardiography. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr*, 2005. 18(12): p. 1440-63.
105. Lang, R.M., et al., Three-dimensional echocardiography: the benefits of the additional dimension. *Journal of the American College of Cardiology*, 2006. 48(10): p. 2053-2069.
106. Corsi, C., et al., Volumetric quantification of global and regional left ventricular function from real-time three-dimensional echocardiographic images. *Circulation*, 2005. 112(8): p. 1161-1170.
107. Chung, E.S., et al., Results of the Predictors of Response to CRT (PROSPECT) trial. *Circulation*, 2008. 117(20): p. 2608-2616.
108. Becker, M., et al., Relation of optimal lead positioning as defined by three-dimensional echocardiography to long-term benefit of cardiac resynchronization. *The American journal of cardiology*, 2007. 100(11): p. 1671-1676.
109. Sonne, C., et al., Real-Time 3-Dimensional Echocardiographic Assessment of Left Ventricular Dyssynchrony. *JACC: Cardiovascular Imaging*, 2009. 2(7): p. 802-812.
110. Nishikage, T., et al., Quantitative assessment of left ventricular volume and ejection fraction using two-dimensional speckle tracking echocardiography. *European Journal of Echocardiography*, 2008. 10(1): p. 82-88.
111. Nesser, H.-J., et al., Quantification of left ventricular volumes using three-dimensional echocardiographic speckle tracking: comparison with MRI. *European heart journal*, 2009. 30(13): p. 1565-1573.
112. Onose, Y., et al., Influence of aging on systolic left ventricular wall motion velocities along the long and short axes in clinically normal patients determined by pulsed tissue Doppler imaging. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 1999. 12(11): p. 921-926.
113. McKee, P.A., et al., The natural history of congestive heart failure: the Framingham study. *New England Journal of Medicine*, 1971. 285(26): p. 1441-1446.
114. Troughton, R.W., et al., Treatment of heart failure guided by plasma aminoterminal brain natriuretic peptide (N-BNP) concentrations. *The Lancet*, 2000. 355(9210): p. 1126-1130.
115. Quiñones, M.A., et al., Echocardiographic predictors of clinical outcome in patients with left ventricular dysfunction enrolled in the SOLVD registry and trials: significance of left ventricular hypertrophy. *Journal of the American College of Cardiology*, 2000. 35(5): p. 1237-1244.
116. Fıratlıgil, A.S., S. Baş, and M. Başak, Sol ventrikül fonksiyonlarının değerlendirilmesinde kardiyak manyetik rezonans görüntüleme ve ekokardiyografi bulgularının karşılaştırılması.

117. Grüner Sveälv, B., G. Fritzson, and B. Andersson, Gender and age related differences in left ventricular function and geometry with focus on the long axis. *European Journal of Echocardiography*, 2006. 7(4): p. 298-307.
118. Köhl, H.P., et al., High-resolution transthoracic real-time three-dimensional echocardiography: quantitation of cardiac volumes and function using semi-automatic border detection and comparison with cardiac magnetic resonance imaging. *Journal of the American College of Cardiology*, 2004. 43(11): p. 2083-2090.
119. Nesser, H.J., et al., Volumetric analysis of regional left ventricular function with real-time three-dimensional echocardiography: validation by magnetic resonance and clinical utility testing. *Heart*, 2007. 93(5): p. 572-578.
120. Shub, C., et al. Determination of left ventricular mass by echocardiography in a normal population: effect of age and sex in addition to body size. in *Mayo Clinic Proceedings*. 1994. Elsevier.
121. KLEIN, A.L., et al. Effects of age on left ventricular dimensions and filling dynamics in 117 normal persons. in *Mayo Clinic Proceedings*. 1994. Elsevier.
122. Waggoner, A.D. and S.M. Bierig, Tissue Doppler imaging: a useful echocardiographic method for the cardiac sonographer to assess systolic and diastolic ventricular function. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 2001. 14(12): p. 1143-1152.